ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUIN 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **N. E. Nörlund**, Correspondant pour la Section de Géométrie, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions sphériques. Formules générales de récurrence. Développement des fonctions non antipodes en séries de polynomes de Legendre et de Laplace.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Prenons comme variables à la surface de la sphère de rayon *un*, la longitude α, et $\log(\operatorname{tang}\theta/2) = \tau$, en appelant θ la colatitude, comme dans ma Note du 19 décembre 1932 (195, p. 1185). L'équation aux dérivées partielles des fonctions sphériques d'ordre n

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 S_n}{\partial \tau^2} + \frac{\partial^2 S_n}{\partial \alpha^2} + \frac{n(n+1)}{\operatorname{Ch}^2 \tau} S_n = 0$$

fournit immédiatement les équations de récurrence

$$(9) \qquad S_{n+1} = G_n \left[\frac{\partial S_n}{\partial \tau} - (n+1)\operatorname{Th}(\tau) S_n \right]$$

et

$$(10) \qquad S_{n+1} = -G_n \left\{ (2n+1)\operatorname{Th}(\tau) S_n + G_{n-1} \left[\frac{\partial^2 S_{n-1}}{\partial \alpha^2} + n^2 S_{n-1} \right] \right\}.$$

Erratum. — Cette dernière condition doit remplacer la condition, inexactement transcrite par inadvertance, donnée sous le même numéro (10), dans la Note déjà citée.

La suite des constantes G_n est arbitraire.

2. Prenons les S_n sous la forme $T_n^k \frac{\cos}{\sin}(k\alpha)$, k un nombre arbitraire réel ou imaginaire. Choisissant les constantes G_n d'accord avec la condition de Legendre

$$G_n^k = \frac{1}{n+1-k}; \tag{11}$$

les récurrences (9) et (10) deviennent

$$(n+1-k)T_{n+1}^k = \frac{\partial T_n^k}{\partial \tau} - (n+1)\,\mathrm{Th}(\tau)\,T_n^k, \tag{9'}$$

$$(n+1-k)T_{n+1}^k + (2n+1)\,\mathrm{Th}(\tau)\,T_n^k + (n+k)T_{n-1}^k = 0. \tag{10'}$$

L'équation différentielle donne aussi facilement

$$(n+1+k)T_n^k = \frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \tau} + (n+1)\,\mathrm{Th}(\tau)\,T_{n+1}^k. \tag{9''}$$

Étant directement tirées de l'équation différentielle de définition, ces équations de récurrence sont exactes *sans restrictions*. Deux d'entre elles seulement sont distinctes. De (9′) et (9″) je tire encore

$$-n(n+1-k)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \tau} + (n+1)(n+k)\frac{\partial T_{n-1}}{\partial \tau} = (2n+1)\left[\frac{n(n+1)}{\mathrm{Ch}^2\tau} - k^2\right] T_n^k. \tag{12}$$

3. Revenant aux variables habituelles, $\mu = \cos\theta = -\mathrm{Th}(\tau)$, je retrouve *en toute généralité* les formules classiques

$$(n+1-k)\,T_{n+1}^k = -(1-\mu^2)\frac{\partial T_n^k}{\partial \mu} + (n+1)\,\mu T_n^k, \tag{9'''}$$

$$(n+1-k)\,T_{n+1}^k - (2n+1)\,\mu T_n^k + (n+k)\,T_{n-1}^k = 0, \tag{10''}$$

$$(n+1+k)\,T_n^k = (1-\mu^2)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \mu} + (n+1)\,\mu T_{n+1}^k \tag{9^{IV}}$$

et

$$n(n+1-k)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \mu} - (n+1)(n+k)\frac{\partial T_{n-1}^k}{\partial \mu} = (2n+1)\left[n(n+1) - \frac{k^2}{1-\mu^2}\right] T_n^k, \tag{12'}$$

qui se réduit pour les polynomes de Legendre à

$$\frac{\partial P_{n+1}}{\partial \mu} - \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \mu} = (2n+1)\,P_n, \tag{12''}$$

formule bien connue, qui donne $\int_{-1}^{\mu} P_n\,d\mu$ à l'aide de $P_{n-1}(\mu)$ et de $P_n(\mu)$, valable quel que soit l'ordre n réel ou complexe.

Le résultat n'est pas si simple pour les fonctions tessérales ($k \neq 0$); on pourra toutefois s'aider de la formule de récurrence générale

$$(13) \qquad n(n+1-k)\frac{T_{n+1}^k}{1-\mu^2}+(n+1)(n+1+k)\frac{T_{n-1}^k}{1-\mu^2}=\frac{\partial T_n^k}{\partial\mu}$$

pour le calcul du terme $\int_{-1}^{\mu}\frac{T_n^k\,d\mu}{1-\mu^2}$.

En particulier, si n et k sont entiers, T_k^k est égal à $1.3.5\ldots(2k-1)(1-\mu^2)^{\frac{k}{2}}$ et

$$\int_{-1}^{\mu}\frac{T_k^k}{1-\mu^2}d\mu=1.3.5\ldots(2k-1)\int_0^{\frac{\pi}{2}}(\sin\theta)^{k-1}\,d\theta$$

est connue; la formule (13) sera alors utile pour toute valeur de n supérieure à k.

Les formules ($9''$) et ($10''$) conduisent facilement, quels que soient les nombres n, k, réels ou imaginaires, à la formule (2) donnée par M. Liénard (p. 1774 de ce volume).

Mes calculs ne me donnent pas de récurrence par rapport à k, et ne me permettent pas de retrouver la formule (3) de M. Liénard.

4. Je reviens aux fonctions multipolaires non antipodes. Ces fonctions, rattachées dans la Note de décembre 1932 à leurs points singuliers, sont évidemment développables, comme toute fonction de μ, α, en séries de polynomes de Legendre et de Laplace, qui seront divergentes aux points singuliers et convergentes partout ailleurs.

On pourra employer ces séries en toute confiance lorsque le domaine où elles sont utiles (l'océan, dans le problème des marées) est limité par des contours étendus contenant les points singuliers à leur intérieur.

J'ai obtenu pour la fonction $\log(1-\mu)$, à l'aide de laquelle on peut construire toutes les autres, le développement

$$(14) \qquad -\log(1-\mu)=1-\log 2+\frac{3}{1,2}P_1+\frac{5}{2,3}P_2\ldots+\frac{2n+1}{n(n+1)}P_n\ldots.$$

La fonction sphérique d'ordre *zéro* la plus simple, formée avec deux pôles de masses $+1$ au point $\mu_1\alpha_1$ et -1 au point $\mu_2\alpha_2$, serait la série double (n, k entiers) ayant pour terme général

$$(15) \qquad +\frac{2n+1}{n(n+1)}\times 2\frac{(n-k)!}{(n+k)!}T_n^k(\mu)$$
$$\times[T_n^k(\mu_2)\cos k(\alpha-\alpha_2)-T_n^k(\mu_1)\cos k(\alpha-\alpha_1)].$$

Il serait intéressant de savoir démontrer directement, sur la série (15), qu'elle représente une fonction sphérique *d'ordre zéro*. Plus généralement, il serait intéressant de savoir reconnaître sur une *série donnée par les coefficients de ses termes*, dans quels cas elle représente une fonction sphérique *d'ordre déterminé*, et quels sont ses points singuliers, isolés ou non.

PÉTROGRAPHIE. — *Diagnostic différentiel des brèches sédimentaires et des brèches tectoniques.* Note de M. L. CAYEUX.

Les controverses suscitées par la détermination de brèches des Pyrénées et d'ailleurs, ont mis en évidence l'impossibilité, dans certains cas, de fonder sur des données stratigraphiques un diagnostic qui échappe à toute critique. En raison du rôle capital dévolu aux brèches dans la tectonique moderne, il importe de faire appel à tous les éléments d'information pour établir un diagnostic non sujet à discussion. Dans cet ordre d'idées, les caractères fournis par la pétrographie me paraissent appelés à compléter très utilement les données empruntées à la stratigraphie, et je crois pouvoir ajouter qu'ils peuvent trancher, à eux seuls, la question de l'origine des brèches.

Par définition, une brèche sédimentaire est une brèche interstratifiée, alors qu'une brèche tectonique présente n'importe quelle orientation par rapport aux strates encaissantes, sans que soit exclue la possibilité d'un parallélisme avec les couches qui l'encadrent. De ce chef, on peut se trouver en présence d'insurmontables difficultés pour conclure en toute certitude.

Ceci posé, le diagnostic différentiel des deux types de brèches, à la lumière du microscope, met au tout premier plan la nature du ciment et ses rapports avec les matériaux qu'il agglutine. Toute brèche sédimentaire possède une gangue dont la caractéristique fondamentale est d'être génétiquement indépendante des éléments qui s'y trouvent inclus et de constituer, à elle seule, un véritable sédiment. Par exemple, telle brèche du Carbonifère franco-belge, composée de matériaux calcaires très variés, a pour ciment une ancienne vase très fine à Calcisphères, dont l'histoire est en tous points indépendante des débris qu'elle englobe. Inversement, dans une brèche tectonique, il y a entre les éléments en présence un lien génétique extrêmement étroit. Quelles qu'en soient les dimensions, tous procèdent d'un même dépôt, et le ciment n'est pas autre chose que le produit ultime des phénomènes d'écrasement qui ont engendré la structure bréchoïde. Et cela est vrai pour les brèches de n'importe quelle composition minéralogique.

Dire que le criterium des brèches sédimentaires est fourni par une *gangue-sédiment*, absente dans les brèches tectoniques, n'élude pas toutes les difficultés, rencontrées dans la pratique pour séparer à coup sûr les deux types de brèches. Il est des cas, en effet, où la nature sédimentaire de ladite gangue se reconnaît difficilement, par suite d'une recristallisation partielle ou totale. Au fond, la solution du problème est généralement une question de persévérance et de multiplication de coupes minces. Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de sortir du domaine des généralités, et de passer en revue les différents caractères d'ordre pétrographique qu'on peut invoquer pour distinguer une mylonite d'une brèche sédimentaire, spécialement en milieu calcaire et dolomitique. De ces caractères, les plus décisifs, et de beaucoup, sont fournis par l'analyse microscopique.

1° Tous les matériaux d'une brèche tectonique, grands et petits, sont anguleux, et ils le sont d'égale façon, c'est-à-dire que la morphologie des éléments est indépendante de leur taille. Si le contraire n'est pas toujours vrai pour les brèches sédimentaires, il est indéniable que les plus grands éléments trahissent fréquemment une certaine usure par des contours à angles simplement émoussés ou subarrondis, et que la forme anguleuse est alors plus accusée dans les fragments de petite taille.

2° Dans une brèche tectonique, les matériaux observés, pour ainsi dire côte à côte, peuvent revêtir des dimensions variant du tout au tout, de véritables blocs gisant parfois au contact de débris tombant à peine sous les sens. A défaut d'un classement par ordre de grandeur des éléments d'une brèche sédimentaire typique, les dimensions sont généralement comparables, non dans toute la masse considérée, mais à des niveaux successifs. Ici, comme là, il n'y a point de règle absolue, et il faut envisager la possibilité d'un diagnostic incertain.

3° D'une manière générale, une différence minéralogique notable entre les éléments bréchoïdes et le ciment doit être mise au compte des caractères sédimentaires, réserve faite, bien entendu, pour les phénomènes de silicification et de minéralisation, susceptibles d'affecter secondairement la gangue seule, tout aussi bien des brèches sédimentaires que des mylonites.

L'existence de minéraux détritiques, comme le quartz, inclus dans la gangue, et absents dans les matériaux remaniés, ou représentés dans une tout autre proportion, est une donnée révélatrice de l'origine sédimentaire.

Dans ce domaine les différences pétrographiques, entre la gangue et les débris qu'elle relie, sont particulièrement instructives. A titre d'exemple, je signalerai une brèche triasique de Bourg-Saint-Maurice (Savoie), appar-

tenant à la nappe du Briançonnais, et rangée dans les mylonites. Or les éléments essentiels, qui communiquent à la roche une structure bréchoïde, sont de nature *dolomitique*, alors que le ciment est *calcaire*. Une pareille indépendance des matériaux bréchoïdes et de la gangue ne se conçoit pas si la brèche est d'origine tectonique, attendu que dans toute brèche engendrée par des agents dynamiques, les éléments gros et petits dérivent du même complexe, ce qui implique entre eux une étroite parenté pétrographique. Il s'ensuit que la brèche en question doit être classée parmi les brèches sédimentaires.

4° A lui seul, par ses manières d'être, le carbonate de chaux fournit également un élément de diagnostic. Est-il plus ou moins recristallisé, très riche en clivages et macles rectilignes ou courbes, ou simplement déformé optiquement, et, par surcroît, d'aspect sale et opaque, la brèche est d'origine dynamique dans la presque totalité des cas. La réserve vise les brèches sédimentaires modifiées par métamorphisme mécanique.

S'agit-il d'un carbonate de chaux très finement cristallisé, jouant le rôle de gangue, il est généralement facile de s'assurer qu'il a sa source ou non dans l'écrasement des matériaux qui impriment à la roche un caractère bréchoïde. Dans l'affirmative, on le voit s'élaborer à leurs dépens, tantôt à la périphérie, et tantôt à l'intérieur des éléments. Un ciment, de pareille finesse et d'origine sédimentaire, réserverait une place à des débris organiques, ne fût-ce que de loin en loin. En l'état de nos connaissances, il n'en existe aucune trace dans les gangues microgrenues, résultant d'un phénomène d'écrasement. Il arrive fréquemment que les produits ultimes du broyage des calcaires témoignent d'un léger allongement des granules calcaires et, parfois, d'une ordonnance en files plus ou moins distinctes. On chercherait en vain la trace d'une distribution analogue dans les gangues très fines des brèches sédimentaires.

5° La présence dans le ciment de restes organiques, et surtout de micro-organismes intacts, comme c'est le cas pour maints représentants de la « grande brèche » du Dinantien belge, ou bien encore l'existence d'organismes différents dans la gangue et les matériaux de la brèche, sont également des témoignages de premier ordre à invoquer en faveur de l'origine sédimentaire.

6° Les rares exemples de fragments de brèches remaniés, et réincorporés au dépôt dont ils procèdent, comptent parmi les meilleures caractéristiques des brèches sédimentaires.

En définitive, la discrimination si désirable des brèches sédimentaires et

des vraies mylonites peut se faire par voie pétrographique, à la lumière de maints caractères, et sans qu'il en résulte la moindre ambiguïté, pour peu que l'examen micrographique soit poussé à fond et qu'il porte sur une série d'échantillons. L'analyse d'un grand nombre de matériaux fait ressortir avec évidence la nécessité d'une révision des brèches, dites tectoniques. C'est chose absolument certaine qu'il y en a parmi elles de purement sédimentaires, et que leur diagnostic n'a pas toujours été établi avec la rigueur désirable. A mon sens, l'analyse des brèches au microscope doit servir d'introduction à toute étude de phénomènes de charriage, appelée à tirer argument de leur existence.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des hautes latitudes sur la culture du Blé.* Note de M. J. COSTANTIN.

C'est en 1873 que le grand agronome suédois Schübeler publia les résultats de ses belles recherches concernant l'influence des hautes latitudes sur la culture du Blé. Dès 1852, il avait eu l'idée de semer dans l'extrême nord de son pays des graines de céréales récoltées à Hohenheim, près de Stuttgart. Tandis que la durée de la végétation du Blé était de 120 jours dans le Wurtemberg, après cinq années d'accommodation en Haute Scandinavie, 70 jours suffisaient à la *même variété* pour achever sa maturation; en outre, un changement se manifestait dans les graines, car elles étaient nettement plus lourdes. Or, en réexpédiant, au bout de ce temps, en Allemagne les semences récoltées dans le Nord, on constatait l'ébauche d'une nouvelle race, car : 1° la durée de la végétation se manifestait avec ses caractères de brièveté; 2° les graines restaient plus lourdes qu'auparavant ([1]). Pourquoi des résultats aussi importants pour l'Agriculture n'ont-ils pas pénétré dans le domaine pratique? C'est là un fait très étrange que je vais tâcher d'expliquer.

D'abord la doctrine transformiste a été longtemps suspecte, car Lamarck était mort en 1829 dans l'opprobe, à la suite de l'esclandre des Tuileries (1809) ([2]) et, vers 1852,

---

([1]) SCHÜBELER, *Die Pflanzenwelt Norwegens*, 1, 1873, p. 92. Voir J. COSTANTIN, *L'hérédité acquise* (*Scientia*, n° 12, 1901, p. 32). *Le transformisme appliqué à l'Agriculture* (*Bull. sc. inter.*, 106, 1906, p. 71).

([2]) Napoléon lui reprocha violemment de déshonorer la Science en publiant son *Almanach météorologique;* il feignait d'ignorer que Lamarck lui présentait la *Philosophie zoologique*, car il était très bien renseigné, « mais Sire! c'est un Ouvrage d'his-

personne n'admettait une conception aussi subversive. En 1855, Weismann alors étudiant a raconté que personne ne parlait des questions d'origine des êtres vivants dans les cours des Universités d'Allemagne (pas plus d'ailleurs que dans celles de France), comme si tous les professeurs avaient bu « les eaux du Léthé ».

C'est en 1858 que Darwin publia son ouvrage célèbre sur « l'Origine des espèces » qui eut un retentissement énorme; mais comme il était hostile à Lamarck, celui-ci resta déconsidéré. Plus tard, en 1873, quand Schübeler publia son Mémoire, les idées lamarckiennes n'avaient toujours pas cours, car sous l'influence de Weismann et de Wallace le néo-darwinisme proclamait l'impossibilité de l'action persistante du milieu.

Plus tard, vers 1900, quand la théorie de la mutation triomphe avec la glorification de la loi de Mendel grâce à de Vries, l'hérédité des caractères acquis fut déclarée non seulement fausse mais même inconcevable [1].

Or, c'est la notion fondamentale de Lamarck; les expériences de Schübeler, qui semblaient l'appuyer, furent battues en brèche. A propos de l'adaptation des Blés, on invoqua une expérience de Metzger sur l'hybridation du Maïs qui pouvait faire croire que Schübeler s'était lourdement mépris. C'était inexact, le climat nordique et l'hybridation sont deux choses absolument distinctes.

Je crois pouvoir assurer que si Schübeler a vu juste, la morale n'a pas à redouter ses résultats, et l'Agriculture a beaucoup à gagner. S'il en est bien ainsi, la Science, sous la forme du lamarckisme, montrera qu'elle est essentiellement bienfaisante et qu'elle doit jouer demain un rôle capital dans l'évolution humaine.

J'ai commencé l'an dernier avec mes collaborateurs des essais sur le Blé, afin de voir si Schübeler s'était trompé. Nous avons cherché à connaître, non l'influence de la latitude, problème que je crois très complexe, mais l'influence de l'altitude, question qui sera peut-être plus simple.

L'étude que je viens de faire de documents officiels publiés récemment par le Ministère du Commerce du Canada (section de l'Agriculture) [2] m'a montré combien il est difficile d'établir le rôle de la latitude, facteur

---

toire naturelle » (paroles rapportées par Arago, qui était derrière l'auteur d'un ouvrage qui sera immortel). Quelques semaines après (début de 1810) paraissait un décret soumettant tous les livres scientifiques à la censure. Les Almanachs cessèrent de paraître et Lamarck fut ruiné.

(1) Parmi les adversaires de l'hérédité des caractères acquis, on doit mentionner le grand philosophe Bergson (*Évolution créatrice. — Les deux sources de la morale et de la religion*, p. 82 et 294) qui espérait ainsi anéantir l'œuvre de son adversaire Herbert Spencer dont la philosophie « repose à peu près entièrement sur l'hérédité des caractères acquis ».

(2) *Bulletin mensuel de statistique agricole* (*Canada, bureau fédéral de statistique*, 24, n° 269, janvier 1931, p. 1 à 49, avec une carte et une planche; 26, n° 293, janvier 1932, p. 1 à 34, avec carte et planche, Ottawa).

mélangé à beaucoup d'autres. Si Schübeler a pu voir clair, c'est qu'il a employé l'expérimentation, car les simples observations conduisent à bien des déceptions : je vais en fournir la preuve.

En examinant la *carte des rendements à l'acre* du Blé dans les provinces canadiennes des prairies *pour* 1930, on est tout de suite frappé par *l'accroissement de la productivité dans les hautes latitudes* et cela dans les provinces d'Alberta Saskatchewan, Manitoba, à l'est du lac Winnipeg. La teinte d'un noir uniforme qui correspond sur cette carte aux plus fortes récoltes à l'acre (26 boisseaux au moins) est limitée par une courbe qui présente un saillant vers le nord; les territoires couverts de ces riches moissons s'avancent au milieu des terres stériles comme un cap proéminent au bord d'un océan; à une certaine distance, plus au nord et un peu à l'ouest du cap, on voit réapparaître le Blé sur un territoire isolé, comme une île au milieu de la mer : là encore la récolte est maximum (26 boisseaux au moins) et la teinte de l'îlot est encore uniformément noire. A droite du cap noir et au-dessous, on trouve dans le Saskatchewan quatre zones *de moins en moins productives et la diminution s'accentue à mesure que la latitude décroît et cela avec une régularité et une netteté frappantes :* à mesure que l'on se rapproche de la frontière sud du Canada, on rencontre successivement les rendements suivants, caractérisés par des grisés différents, dans l'ordre suivant : 24 à 22 boisseaux à l'acre, puis 22 à 20, 20 à 18, 18 à 16, 16 à 14, 14 à 12, 12 à 10 et enfin 10 boisseaux.

Il y a cependant *deux irrégularités* à la règle précédente :

1° Tout à fait à l'Ouest, on remarque *au-dessous* d'une zone à 16-14 boisseaux, un district à 22-20 boisseaux, qui est cependant *plus au Sud*; il me paraît que c'est l'*influence des premiers paliers des montagnes rocheuses* qui se fait sentir à l'ouest de la province d'Alberta; malheureusement la carte est purement agricole et aucun relief n'est représenté; ce serait nécessaire pour affirmer que l'*altitude* produit le relèvement du rendement.

2° Au-dessous des lacs Wennipegosis et Wennipeg, une autre irrégularité s'observe, dont je n'ai pas entrevu d'explication plausible; mais on va voir qu'*en* 1932 *la règle s'est trouvée rétablie dans cette région*.

En examinant la carte analogue des rendements à l'acre des *mêmes régions pour* 1932, on est un peu dérouté. D'abord la *zone noire a disparu* parce que le maximum a été moins élevé (24 boisseaux au moins) et a été caractérisée par un grisé. Ce n'est d'ailleurs pas dans le Nord qu'on observe cette année-là le *maximum*, *car il a été rencontré près de la base des montagnes rocheuses*, sur les premiers contreforts évidemment. Ces différences avec l'année 1930 sont attribuables à des *conditions climatériques annuelles qui ont été défavorables dans le Nord.*

Malgré cela, on constate, avec une régularité incontestable, la *décroissance progressive des rendements à mesure qu'on se rapproche de la frontière sud du Canada* : cela est net dans l'Alberta, dans le Saskatchewan. Mais, en outre, la décroissance du nord au sud est d'une extrême netteté dans la région des deux lacs cités plus haut, surtout à l'ouest et au sud du lac Winnipegosis, région qui présentait une irrégularité en 1930.

Je ne puis analyser ici toutes les constatations que j'ai pu faire sur la productivité

des provinces du Dominion qui ne sont pas représentées sur les deux cartes précédentes : Québec, Ontario, Ile du Prince Édouard, Nouvelle Écosse, Nouveau-Brunswick; on y cultive aussi le Blé et l'on voit combien le grand colonisateur français Champlain avait raison quand il signalait à Richelieu « les terres à Blé » de la Nouvelle France.

J'ai pu également consulter les statistiques des récoltes de Blé aux États-Unis (1) en 1930 et 1931. J'avoue franchement que je n'ai pas retrouvé l'influence de la latitude; je crois que trop de facteurs entrent ici en jeu.

Il me paraît donc certain que l'observation seule ne permettra pas de résoudre un problème si compliqué.

Je crois cependant à l'exactitude des résultats de Schübeler; d'abord parce qu'ils découlent d'expériences et que c'était un savant très sérieux, inspirant toute confiance; ensuite parce qu'ils ont été contrôlés par de Candolle (1875), Wittmack (1876), Petermann (1877), etc.; enfin parce que des résultats absolument analogues sur *l'influence héréditaire de l'altitude ont été prouvés pour la Canne à sucre* et *commencent* à l'être pour la Pomme de terre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'habitus, ou individualité biologique, des hybrides de Crucifères* (Cheiranthus, Erysimum, Mathiola, Lunaria). Note de M. L. **Blaringhem**.

La diversité des individus dérivés de l'hybride intergénérique *Cheiranthus Cheiri* ♀ × *Erysimum Cheiranthoïdes* ⚥ m'engage à définir l'*habitus*, disposition naturelle propre à chaque plante issue de graine, comprenant l'organisation morphologique, le tempérament physiologique, surtout l'évolution sexuelle innée, par opposition au mot *comportement* qui implique l'idée d'une réaction de l'individu à l'ambiance.

Le point de départ fut une Giroflée sauvage, femelle par avortement des étamines, que je considère comme un hybride accidentel de *Cheiranthus* pollinisé par *Erysimum*; j'en ai décrit l'aspect et la descendance (F_2) femelle réduite à 12 individus classés en 3 *Cheiranthus*, 7 *Erysimum* et 2 intermédiaires (2). En réalité, il n'y avait pas deux individus semblables et, de même, dans les semis (F_3) et (F_4) comprenant plus de 300 plantes, il n'y

(1) *Crops and Markets, United States Department of Agriculture*, 8, n° 12, décembre 1931; *Annual revisions*, décembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 124.

a ni retours, ni classement possible en quelques catégories; la fréquence des individus femelles a beaucoup diminué (15 à 40 pour 100 selon les descendances). Chaque individu dérivé constitue une individualité biologique, défini par son habitus.

Cette disposition apparaît dès la rosette, étalée ou dressée, maigre ou fournie, à feuilles pointues ou mousses, de forme ovale ou lancéolée, étroite ou large. Des mesures, des rapports de mensuration permettraient des classements en types, mais ne traduiraient pas la *diversité fondamentale* qui s'accentue avec l'âge; quelques plantes meurent, la plupart donnent des axes épais, ronds ou cannelés à divers degrés, couverts de feuilles denses ou éparses, terminés par des grappes serrées ou lâches de boutons et de fleurs.

Le début de l'anthèse trahit plus encore la diversité; les premières fleurs rayonnent autour de la grappe condensée; sur certains individus une fleur par jour, sur d'autres deux fleurs, sur d'autres une fleur tous les deux, ou trois ou quatre jours, s'épanouissent et accentuent le contraste du développement plus ou moins accéléré des grappes. Mais il faut reconnaître que *toutes les pousses d'un même individu sont identiques et restent identiques,* à l'âge près, *au cours de plusieurs semaines*, de plusieurs mois, d'une année à l'autre. L'épuisement des axes floraux apparaît simultanément pour une plante donnée et lorsqu'on y remédie par des tailles ou des pincements, le développement des rosettes de remplacement, des grappes adventives se produit avec des caractères toujours les mêmes pour un individu donné et toujours nettement divergent d'individu à individu.

L'analyse de la sexualité des fleurs et de la fécondité fut l'objet d'études minutieuses. Pour (F_2), je l'ai dit, les douze descendants furent femelles en 1931; l'hiver de 1931-1932 en détruisit 9; ont résisté une plante du type *Cheiranthus*, qui resta ♀, deux plantes du type *Erysinum*, l'une strictement femelle, l'autre à staminodes allongés stériles jusqu'au 12 mai 1932, donnant de rares grains de pollen actifs à cette date et bientôt des anthères bourrées de bon pollen; cette dernière vit encore (1933) et dès le début de la saison fut hermaphrodite. Or, et ce fait définit bien l'individualité biologique, le virage du type fleur femelle au type hermaphrodite se produisit exactement à la même date et suivant le même processus sur la douzaine de hampes fleuries, d'âges différents, que portait l'individu. Le pollen fut recueilli d'abord avec soin, puis utilisé sans ménagements pour les trois individus isolés; j'en ai des lignées (F_3) bien vigoureuses, actuellement à l'état de rosettes.

Les autres séries (F_3) sont les produits des ♀ (F_2-1931) pollinisés arti-

ficiellement soit par *Cheiranthus*, soit par *Érysimum;* j'en ai conservé un lot de 71 plantes, laissées dans le châssis de repiquage, qui ont fructifié en 1932 et en 1933; 17 furent strictement femelles et pollinisées à la main; 8 femelles ont viré avec l'âge à l'état hermaphrodite; les autres donnèrent du bon pollen dès les premières fleurs, la plupart du type *Erysimum* autofertiles. Par leurs produits, par la compacité et l'évolution des grappes, ces individus diffèrent les uns des autres par un habitus bien caractérisé.

L'analyse des fleurs peut être poussée plus loin. Chez les individus femelles et apétales le style est saillant alors que la fleur ressemble à un bouton; les stigmates arrondis (type *Erysimum*) ou ovale bilabié (type *Cheiranthus*) avec les intermédiaires sont identiques pour toutes les fleurs d'un même pied mais varient d'un pied à l'autre; la réceptivité au pollen même diffère d'une plante à l'autre comme le prouvent des pollinisations simultanées à partir d'une même fleur. Pour les fleurs hermaphrodites, les filets sont de longueur variable d'une plante à l'autre; le pollen est à point lorsque l'intervalle du sommet de l'anthère au stigmate est de 1, 1,5, 2, ..., 4^{mm}, distance variable d'individu à individu mais d'une constance remarquable sur le même individu. Et c'est vraiment, à cette phase particulière du début de l'anthèse, que la diagnose de l'habitus est la plus facile et la plus nette.

La mutation initiale et l'hybridité entre genres ont contribué évidemment à caractériser l'individualité des descendants. Toutefois, l'individualité est la règle dans la nature, par exemple chez les *Matthiola sinuata* RBr. et *M. tricuspidata* RBr. et ne diffère guère de celle que je provoque en croisant entre elles deux variétés blanches bien homogènes de Giroflée quarantaine (*Matthiola annua* Sw.) du commerce. Dès (F_1) apparaissent des habitus multiples, donnant un choix illimité au sélectionneur. Toutes ces lignées pures ou métisses sont autofécondes et d'une fertilité complète.

J'ai étudié les mêmes phénomènes depuis 1924, soit quatre générations, sur des lignes pures ou métisses de Monnaie du pape (*Lunaria biennis* Mn.), race à fleurs rouges et feuilles panachées croisée avec une race à fleurs blanches et à feuilles vertes. Les points de départ offrent un habitus bien stable; au contraire sur les récessifs blancs je distingue au moins trois cas : le pollen n'est pas libéré lorsque les anthères dépassent le stigmate, ou bien le pollen est libéré lorsque les anthères atteignent le stigmate, ou bien le pollen est libéré alors qu'un intervalle de 2^{mm} sépare les anthères des stigmates. Toutes les fleurs d'un même individu se comportent strictement de la même façon et nous retrouvons, *dans la ségrégation d'un métis parfaite-*

ment fertile, la diversité des habitus constatée dans la descendance presque stérile en (F_2) et (F_3) du croisement *Cheiranthus* × *Erysimum*.

Lunaria biennis se prête d'ailleurs à des substitutions de boutons par traumatismes qui entraînent des fascies de grappes et de fleurs, fournissent à volonté des fruits à trois et même quatre valves; il suffit de couper les rameaux avant l'épanouissement des fleurs pour provoquer le développement, à l'aisselle des bractées de ces rameaux, d'axes aplatis à floraison monstrueuse. Cette expérience réussit avec les trois types récessifs de *Lunaria* à fleurs blanches, et je n'ai pu constater la moindre altération de l'*habitus* défini par l'écart des étamines et des stigmates lors de la mise en liberté des pollens, qui se maintient au type même de l'individu, malgré l'altération profonde dans l'assemblage des organes floraux.

La notion de l'*habitus*, disposition propre à l'individualité, rendra de grands services dans les analyses d'hybrides de Pavots, de Digitales, d'Hémérocalles, de Graminées et aussi des Céréales autofécondées telles que les Orges et les Blés. Ses conséquences sont particulièrement nettes chez les Crucifères, famille caractérisée par le développement régulier et la lignification rapide des axes floraux, par la diversité des fruits et des graines opposée à la régularité du type floral, et surtout par la transmission héréditaire si marquée des caractères de la fleur et des fruits, qui a fait adopter les *Draba*, les *Thlaspi* pour la démonstration rigoureuse de l'existence des petites espèces dans la nature. C'est pourquoi j'ai choisi mes exemples dans cette famille, et j'en ai beaucoup d'autres aussi convaincants, pour définir la notion de l'*habitus*, disposition naturelle de l'individu écarté de la moyenne spécifique, comme la diathèse ou le tempérament distinguent le malade de l'homme moyen.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chlorures triaquochromique et biaquochromique.* Note [1] de M. A. Recoura.

Dans un Mémoire antérieur [2], j'ai décrit deux modes de préparation faciles à réaliser, qui m'ont permis d'obtenir le chlorure triaquochromique [$Cr(H^2O)^3Cl^3$], c'est-à-dire le quatrième terme (*non électrolyte*) de la série wernerienne des chlorures chromiques hydratés, les trois autres, déjà connus, étant :

---

[1] Séance du 12 juin 1933.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 229.

$[Cr(H^2O)^6]Cl^3$ chlorure hexaquochromique (chlorure gris de Recoura);

$[Cr(H^2O)^5Cl]Cl^2, H^2O$ chlorure pentaquochromique (chlorure vert de Bjerrum);

$[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$ chlorure tétraquochromique (chlorure vert de Recoura).

Dans les deux procédés je pars du chlorure tétraquochromique, forme habituelle du chlorure hydraté. Dans l'un, ce chlorure maintenu quelques jours dans le vide perd $2H^2O$, et le nouveau produit $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl$ est dédoublé par l'éther en 2^mol de chlorure triaquochromique $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$, *chlorure brun soluble dans l'éther* et 1^mol de chlorure vert tétraquochromique $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$ insoluble dans l'éther. Dans l'autre, j'obtiens le même dédoublement, sans déshydratation préalable, en dissolvant le chlorure tétraquochromique bihydraté dans l'acétone. Dans les deux procédés, j'obtiens le chlorure brun en dissolution dans l'éther.

Je vais faire connaître dans cette Note quelques-unes de ses propriétés.

La solution éthérée est brune, légèrement violette par transparence. Elle se conserve inaltérée, pourvu qu'elle soit à l'abri de l'air humide, dont la moindre trace transforme le chlorure brun en chlorure vert insoluble dans l'éther. Évaporée, à l'abri de l'air humide, elle donne un produit solide, amorphe, brun $CrCl^3, 3H^2O$. Ce produit brun absorbe l'humidité de l'air avec une extrême rapidité, en se transformant en quelques instants en chlorure vert insoluble dans l'éther.

Dissous dans l'eau, le chlorure brun donne une liqueur vert jaunâtre, *très instable*, qui se transforme en quelques minutes, en une liqueur vert franc, qui est la dissolution du chlorure tétraquochomique. La dissolution vert jaunâtre instable est, comme je vais le montrer, constituée par un hydrate du chlorure brun triaquochromique.

Étant donnée la grande instabilité de la dissolution aqueuse du chlorure brun, c'est-à-dire la très grande fragilité du complexe triaquochromique en dissolution aqueuse, je n'avais pas réussi tout d'abord à mettre en évidence la dissimulation des trois atomes de chlore et je m'étais contenté de la manifester dans la dissolution éthérée. Dans ce but j'avais fait réagir cette dissolution éthérée sur une dissolution éthérée de plomb tétraéthyle et j'avais constaté qu'aucune réaction ne se produisait, même au bout de plusieurs heures, tandis que d'autres chlorures métalliques solubles dans l'éther (chlorure d'or, chlorure ferrique, chlorure mercurique) donnaient avec ce réactif un précipité immédiat. Mais ce n'était pas là une preuve satisfaisante.

J'ai enfin réussi à mettre en évidence dans la solution *aqueuse* la dissimulation de la *totalité* du chlore, à condition d'opérer à une température suffisamment basse. A zéro degré le complexe est encore trop fragile et le nitrate d'argent donne un léger précipité. Mais, *à quinze degrés au-dessous de zéro*, il n'y a pas de précipité pendant le premier quart d'heure. Pour cela, j'ai dû additionner la dissolution aqueuse d'une quantité d'alcool suffisante pour empêcher sa congélation. Bien entendu il faut prendre en outre toutes les précautions habituelles dans ce genre de réactions des complexes imparfaits (dilution, liqueur acide, etc.). Ainsi donc le chlorure brun que j'ai isolé est bien le chlorure triaquochromique prévu par la théorie de Werner, dans lequel tout le chlore est dissimulé. Sa dissolution aqueuse instable vert jaune renferme un hydrate de ce chlorure, hydrate qui est insoluble dans l'éther.

Chlorure biaquochromique ou chlorure violet. — J'ai isolé un cinquième hydrate de chlorure chromique que ne prévoit pas la théorie de Werner. Il se produit dans les circonstances suivantes. Si l'on maintient dans le vide sec pendant un temps suffisant (plusieurs années) le chlorure brun, ou même le chlorure vert tétraquochromique, il se transforme en une matière d'un beau violet, entièrement soluble dans l'éther, en donnant une liqueur d'un violet magnifique. Ce chlorure ne renferme que deux molécules d'eau $CrCl^3$, $2H^2O$. Il ne rentre donc pas dans le cadre de la théorie de Werner. Pour l'y faire rentrer il faut doubler sa formule et l'écrire ainsi : $\begin{bmatrix} Cr(H^2O)^2Cl^3 \\ | \\ Cr(H^2O)^2Cl^3 \end{bmatrix}$. Sa dissolution dans l'eau est identique à celle du chlorure brun.

Pertes de chlore par le chlorure brun. — Au cours de ces recherches, j'ai observé que, quand on évapore la solution éthérée du chlorure brun (à l'abri de l'air humide, bien entendu), ou bien, si on le conserve dans le vide sec, il perd un peu de chlore, ou plutôt, vraisemblablement de l'acide chlorhydrique. Ainsi, après l'évaporation de la solution éthérée, j'ai constaté que le chlorure brun a perdu, dans cette évaporation, un dixième d'atome de chlore. En répétant cette opération un grand nombre de fois sur un même échantillon, c'est-à-dire en le soumettant à des évaporations et des redissolutions dans l'éther répétées successivement, j'ai réussi à faire perdre au chlorure brun jusqu'à un atome de chlore et à obtenir un chlorure ne renfermant que deux atomes de chlore, c'est-à-dire un chlorure chromique basique. Il y a là un phénomène dont le mécanisme reste à expliquer. La question des chlorures chromiques hydratés n'est donc pas close, bien qu'elle ait provoqué, depuis mon premier travail, publié en 1886, une soixantaine de mémoires des auteurs les plus divers.

M. H. Lecomte fait hommage à l'Académie de la 49e livraison de la *Flore générale de l'Indochine*.

Ce fascicule comprend la famille des *Apocynacées* par feu J. Pitard.

M. J. Hadamard fait hommage à l'Académie d'un mémoire intitulé : *La propagation des ondes et les caustiques*.

M. Seiitirô Ikeno fait hommage à l'Académie de son Ouvrage : *Verkaro Botanika*.

NOMINATIONS.

L'Académie charge le Bureau et la Section de Botanique de la représenter à l'inauguration du buste de Léon Guignard à la Faculté de pharmacie, le 26 juin, à 16h30m.

M. M. Caullery est désigné pour faire une Lecture à la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1933.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de sir *Ray Lankester* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Pieter Zeeman obtient...............	49 suffrages
M. Amé Pictet »	1 »

M. Pieter Zeeman, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Challeat. *Histoire technique de l'Artillerie de terre en France pendant un siècle* (1816-1919). Tome premier (1816-1880).

2° *Contribution à l'étude géologique de la chaîne de la Marche et du plateau d'Aigurande* (nord-ouest du Massif central français), par Yang Kieh.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La plus petite valeur parmi les plus grandes.* Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $w(x)$ la répartition d'une variable statistique x pour laquelle $w(x) \to 0$ et $W(x)$ la probabilité d'une valeur inférieure à x. Quelle sera la plus petite valeur parmi les m les plus grandes, pour $N(\geqslant m)$ observations?

M. von Mises (*Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft*, 5, oct. 1932) a donné les conditions pour que l'espérance mathématique $\overline{x}_\omega$ pour la plus grande valeur parmi N observations puisse être déduite de l'équation

$$W = 1 - \frac{1}{N}.$$

Ce résultat n'est que le cas spécial $m = 1$ de notre question : On montre facilement que l'espérance mathématique $\overline{x}_{\omega,m}$ peut être calculée, pourvu que les mêmes conditions soient remplies par l'équation analogue

$$W = 1 - \frac{m}{N}. \tag{1}$$

En traitant la répartition de la variable statistique $x_{\omega,m}$

$$(2) \qquad \mathfrak{w} = \binom{N}{m} m W^{N-m}(1-W)^{m-1} W,$$

sa valeur la plus probable sera donnée par la même formule à condition que

$$(3) \qquad \frac{w'}{w} = -\frac{w}{1-W},$$

ce qui est identique à la règle de L'Hopital pourvu que

$$w'(x) \to -\sigma.$$

Cette égalité entre la valeur probable et la plus probable de la variable $x_{\omega_1 m}$ peut être utilisée pour calculer une première approximation de l'erreur moyenne σ_m de la répartition $\mathfrak{w}$ considérée comme Gaussienne par

$$(4) \qquad \sigma_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\, N w(x_{\omega_1 m}) \psi(m)},$$

où $\psi(m)$ est la loi bien connue des événements rares. En première approximation l'erreur moyenne décroît proportionnellement à la racine carrée de m.

Si spécialement $w(x)$ est une répartition de Gauss avec la valeur moyenne ξ et la précision h, les conditions de M. von Mises et la condition (3) sont remplies. On obtient la valeur probable et la plus probable $\bar{x}_{\omega_1 m}$ de la plus petite valeur parmi les m les plus grands pour N observations par

$$(5) \qquad \bar{x}_{\omega_1 m} = \xi + \frac{t_{\omega_1 m}}{h},$$

où $t_{\omega_1 m}$ sera calculé par

$$(6) \qquad \frac{N}{2m} = \frac{1}{1-\Phi(t_{\omega_1 m})}$$

à l'aide des tables de l'intégrale Φ de Gauss.

En première approximation on obtient pour de très grandes valeurs de N

$$t_{\omega_1 m} = \sqrt{\log N - \log m}.$$

L'erreur moyenne sera

$$(7) \qquad \sigma_m = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}\, m \Psi(m) h t_{\omega_1 m}}$$

L'égalité au moins asymptotique entre la moyenne arithmétique et la valeur la plus probable repose sur la condition

$$2t^2_{\omega_1 m} \geqslant 1.$$

Donc les trois dernières formules ne sont valables que si le nombre des observations N est au moins de l'ordre de grandeur 10^5.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le nombre des différentielles d'un système de Pfaff.* Note de M. G. **Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un travail récent, M. J. M. Thomas [1] s'occupe du problème de trouver le nombre minimum de différentielles qu'on peut laisser figurer dans un système de Pfaff, en appelant *espèce du système* la différence entre ce nombre et le nombre d'équations indépendantes du système.

J'ai été aussi conduit, de ma part, à m'occuper de ce même problème en relation avec le nombre minimum de différentielles qu'on peut laisser figurer dans la métrique d'un espace non holonome. Les résultats que j'ai trouvés ne sont pas couverts par ceux de M. J.-M. Thomas, parce qu'il s'occupe pour le moment seulement des systèmes d'espèce un, et puis sa méthode consiste dans l'intégration de certaines formes différentielles, associées au système de Pfaff, tandis que ma manière est algébrique et basée sur l'introduction de la notion de *système intégré* d'un système de Pfaff.

Soit

$$\text{(S)} \qquad ds^h = \lambda^h_i dx^i = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots, m; \quad i = 1, 2, \ldots, n)$$

un système de Pfaff de m équations à n variables. Les covariants de ce système peuvent s'écrire

$$(1) \qquad \Delta s^h = \delta\, ds^h - d\, \delta s^h = w^h_{k'l'} ds^{k'} \delta s^{l'} \qquad (k', l' = m+1, \ldots, n),$$

où $ds^{k'} = \lambda^{k'}_i dx^i$ sont $n-m$ formes, qui, associées aux m formes ds^h, constituent n formes indépendantes [2].

On sait que le système S est complètement intégrable si les covariants (1) sont nuls ($w^h_{k'l'} = 0$) et, en ce cas, le nombre minimum de différentielles de S est m, et par conséquent l'espèce est zéro. Dans le cas général, seuls les covariants (1) qui correspondent aux équations du système dérivé S′ de

---

(1) *Pfaffian systems of species one* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 35, 1933, p. 356).

(2) Voir mon travail, *Bul. Fac. Stünte Cernauti*, 5, 1932, p. 179.

S sont nuls. Pour annuler aussi les autres covariants (1), il faut associer au système S un certain nombre d'équations nouvelles. Soit p le nombre minimum d'équations qu'on doit associer et soit S_1 le système de $m+p$ équations ainsi obtenu. On voit que ce système S_1 contient le système S et a la propriété que son premier système dérivé S'_1 contient aussi notre système S. A cause de ce fait on peut appeler le système S_1 *premier système intégré de* S. D'une manière analogue, on peut appeler *second système intégré* S_2 de S le premier système intégré de S_1, etc. Il est facile de voir que deux systèmes intégrés consécutifs S_α et $S_{\alpha+1}$ ne peuvent coïncider que si S_α est complètement intégrable. En ce cas, si ce *dernier système intégré* S_α se compose de $m+k$ équations et si l'on s'arrange de façon que ses intégrales soient $x^1, \ldots, x^m, x^{m+1}, \ldots, x^{m+k}$, notre système S ne peut contenir que les différentielles de ces $m+k$ variables. L'espèce σ de S satisfait douc à l'inégalité $\sigma \leqq k$. Il est à remarquer que le système intégré d'un système peut n'être pas unique, comme nous montre l'exemple de deux équations à six variables, ayant la composition

$$(2) \quad \begin{cases} \Delta s^1 = ds^3 \delta s^4 - ds^4 \delta s^3, \\ \Delta s^2 = ds^5 \delta s^6 - ds^6 \delta s^5, \end{cases}$$

qui possède quatre systèmes intégrés indépendants. En faisant une combinaison linéaire de ces systèmes, on obtient le système intégré le plus général, défini par les quatre équations

$$ds^1 = ds^2 = \alpha\, ds^3 + \beta\, ds^4 = \gamma\, ds^5 + \delta\, ds^6 = 0,$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ étant des fonctions quelconques des variables $x^1, \ldots, x^6$. De même, il peut arriver que les nombres k, correspondant à des systèmes intégrés différents, soient différents, car on trouve des systèmes de deux équations à six variables ayant la composition (2), tels que l'un des systèmes intégrés soit complètement intégrable ($k=2$) et un autre non complètement intégrable ($k=3$). Cela dit, nous avons le théorème :

Le nombre minimum des différentielles qu'on peut laisser figurer dans un système de Pfaff est égal au nombre d'équations du plus petit de ses derniers systèmes intégrés, ou bien, *l'espèce du système est égale au plus petit des nombres k correspondant à ses systèmes intégrés.*

On sait qu'on peut réduire un des covariants (1), par exemple Δs^1, à la forme canonique [1]

$$\Delta s^1 = [ds^{m+1}\, ds^{m+2}] + \ldots + [ds^{m+2p_1-1}\, ds^{m+2p_1}].$$

---

[1] ÉLIE CARTAN, *Leçons sur les invariants intégraux*, p. 51, Hermann, Paris, 1922.

En annulant les formes $ds^{m+1}, \ldots, ds^{m+2p_1}$, on peut réduire ce qui reste de Δs^2 à la forme canonique

$$[ds^{m+2p_1+1}\, ds^{m+2p_1+2}] + \ldots + [ds^{m+2p_1+2p_2-1}\, ds^{m+2p_1+2p_2}], \quad \ldots .$$

Évidemment, pour annuler Δs^1, on doit associer au système S p_1 équations et puis, pour annuler Δs^2, *au moins* p_2 équations. Il en résulte que l'espèce de S est au moins égale au nombre $p_1 + p_2 + \ldots + p_m$.

Si les p équations $ds^{\alpha'} = 0$ $(\alpha' = m+1, \ldots, m+p)$ annulent les covariants (1), ces covariants doivent avoir la forme

$$(3) \qquad \Delta s^h = \omega^h_{\alpha'\beta'}\, ds^{\alpha'}\, \delta s^{\beta'} + \omega^h_{\alpha' k'} [ds^{\alpha'}\, ds^{k'}] \qquad (\alpha', \beta' \leqq m+p,\ k' > m+p).$$

Pour que les $ds^{\alpha'}$ appartiennent à un premier système intégré, il faut que les équations $\omega^h_{\alpha' k'}\, ds^{\alpha'} = 0$ soient équivalentes aux $ds^{\alpha'} = 0$. De même, en indiquant par q le nombre minimum d'équations qui annulent les covariants $\omega^h_{\alpha'\beta'}\, ds^{\alpha'}\, \delta s^{\beta'}$, on doit avoir

$$q + n - m - p \geqq p.$$

Pour que S_1 ait le nombre maximum $n - 1$ d'équations, il faut et il suffit que chacun des $n - m$ systèmes $\omega^h_{h'k'}\, ds^{k'} = 0$ $(h' = m+1, \ldots, n)$ soit équivalent au système $ds^{k'} = 0$ $(k' \neq h')$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points de géométrie finie directe.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. Élie Cartan.

1. On appelle *parallèle* à un ensemble-frontière plan [1] F le lieu F′ des points tels que leur distance à F soit constante. F *n'est pas, en général, parallèle à* F′. Exemple : deux carrés homothétiques concentriques. Le contour F du carré intérieur est parallèle au contour F′ du carré extérieur, mais le contour F′ n'est pas parallèle au contour F. Cette irréversibilité a été signalée par M. Lucien Chamard dans le cas où F est la frontière d'une figure convexe [2].

Deux ensembles-frontières, tels que chacun est parallèle à l'autre, seront appelés *biparallèles*. Les contours de l'exemple précédent deviennent biparallèles si l'on arrondit les coins du carré extérieur au moyen de quarts de cercles ayant pour centres les sommets du carré intérieur.

---

(1) Je me borne ici au plan.

(2) *Rendic. dei Lincei*, 6e série, 16, 1932, p. 398.

2. Soit D un domaine borné, Nous appelons *grand axe* de ce domaine le diamètre du plus petit cercle le contenant; de même, nous appelons *petit axe* du domaine le diamètre du plus grand cercle qu'il contient.

Nous dirons aussi que le domaine D est un $\Sigma(C_r)$ s'il est la réunion, au sens de la théorie des ensembles, de cercles de rayon r [1]. La borne supérieure des nombres r, tels que D reste un $\Sigma(C_r)$, sera appelée *indice circulaire* de D.

De même, nous appellerons domaine $\Sigma(\Gamma_r)$ tout domaine, réunion de circonférences de rayon r. On peut alors énoncer les propositions suivantes :

1° *Soit* D_{-r} *l'ensemble des centres des cercles de rayon* r *contenus dans* D. *La condition nécessaire et suffisante pour que* D_{-r} *existe est que* D *ait le petit axe supérieur à* $2r$.

2° *La condition nécessaire et suffisante pour que les frontières de* D *et de* D_{-r} *soient biparallèles est que le domaine* D *soit à indice circulaire* r.

3° *Tout domaine* $\Sigma(\Gamma_r)$ *est un* $\Sigma(C_r)$. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un domaine* $\Sigma(C_r)$ *soit un* $\Sigma(\Gamma_r)$ *est que ce domaine ait son grand axe supérieur à* $4r$ *ou bien qu'il se réduise à un cercle de rayon* $2r$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la représentation analytique des groupes linéaires clos.* Note de M. **H. Auerbach**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit G un groupe linéaire clos (infini) à n variables. D'après un théorème important de M. J. v. Neumannn [2] il est possible de représenter le groupe aux environs d'un élément quelconque à l'aide de fonctions analytiques d'un certain nombre r de paramètres réels essentiels. Dans le cas du groupe orthogonal connexe réel ainsi que dans celui du groupe unitaire on connaît depuis longtemps une représentation trigonométrique ou, si l'on veut, rationnelle du groupe entier comportant $n(n-1)/2$ ou n^2 paramètres réels essentiels [3].

Or on peut, en se servant du théorème cité de M. J. v. Neumann, étendre cette représentation aux groupes linéaires clos les plus généraux de la manière suivante :

---

(1) M. Georges Bouligand et ses élèves appellent un tel domaine un domaine de Cantor-Minkowski. Voir Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe* (Paris, Vuibert, 1932).

(2) *Math. Zeitschr.*, **30**, 1929, p. 26-27.

(3) Voir par exemple A. Hurwitz, *Göttinger Nachrichten*, 1897, p. 76, 82.

Téorème I. — *On peut représenter le groupe G au voisinage d'un élément quelconque à l'aide de polynomes trigonométriques ou fonctions rationnelles de r paramètres réels essentiels. Il existe aussi une représentation semblable du groupe entier (supposé connexe), le nombre des paramètres étant peut-être plus grand que r.*

La méthode de démonstration permet d'établir le théorème suivant :

Théorème II. — *Soit G un groupe linéaire clos et connexe d'ordre r. Tout voisinage de l'élément unité contient r ou un moindre nombre d'éléments constituant un sous-groupe dénombrable partout dense dans G.*

Le plus petit nombre d'éléments nécessaires est, en général, moindre que r. Pour un groupe abélien, il suffit d'un seul élément.

En vertu d'un théorème fondamental de M. J. v. Neumann ([1]), le théorème II est valable pour tout groupe topologique compact et connexe d'ordre r ([2]).

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur de nouveaux appareils d'intégration mécanique.* Note de M. **Paul Boisseau**, présentée par M. M. d'Ocagne.

L'idée de principe sur laquelle est fondée la construction de nos appareils d'intégration mécanique, consiste à transformer les figures rapportées à des coordonnées cartésiennes rectangulaires en enroulant les abscisses sur une circonférence de rayon arbitrairement choisi, tout en maintenant les ordonnées normales aux abscisses.

Ce système de coordonnées peut être dit à « abscisses enroulées ». Nous appellerons O le centre du cercle.

Une intégrale de la forme $\int y^n dx$, représentant une surface ou un moment en coordonnées cartésiennes, se transforme, à un coefficient constant près, dans le système à abscisses enroulées en une autre $\int y^n d\omega$, ω étant l'angle que la droite portant l'ordonnée fait avec une direction fixe du plan.

On voit donc que le déroulement d'une roulette portée par une simple tige, pivotant autour de O et parcourant la courbe $y^n = f(x)$, tracée en coordonnées à abscisses enroulées, donnera la valeur de l'intégrale $\int y^n dx$.

([1]) *Annals of Mathematics*, 2e série, 34, 1933, p. 182.

([2]) Une exposition détaillée va paraître dans les *Studia Mathematica*, 4.

En conséquence, dans le système de coordonnées à abscisses enroulées, les planimètres se composeront d'une seule tige pivotante sur laquelle coulissera le support d'une roulette intégrante et il en sera de même des intégraphes, leurs traçoirs étant portés par une tige se déplaçant radialement d'une quantité proportionnelle au déroulement d'une roulette parcourant la courbe à intégrer.

En ce qui concerne les différenciateurs, on sait qu'il est difficile d'obtenir des appareils précis en coordonnées cartésiennes. Ceci tient à ce que la tangente à la courbe à dériver est mal déterminée graphiquement.

Dans le système ici proposé, les différenciateurs, fondés sur le même principe que les intégraphes, n'ont pas à effectuer la détermination de cette tangente et leur précision s'en trouve augmentée.

Enfin, les analyseurs harmoniques, propres à la détermination des coefficients successifs des séries de Fourier, deviennent, dans ce système, d'une remarquable simplicité

Non seulement, ils sont constitués par un dispositif pivotant peu compliqué, mais, en outre, ils ne comportent plus d'organes spéciaux de transmission variant avec le rang du coefficient à calculer, comme cela a lieu dans les appareils existants.

A titre d'indication pratique sur l'emploi de la méthode, nous ajouterons que, pour la construction des courbes en coordonnées à abscisses enroulées, il sera bon d'employer un papier quadrillé au moyen de circonférences concentriques et de rayons polaires équidistants, auxquels on pourra ajouter des courbes spéciales dites de transformation. Imprimées une fois pour toutes, ces courbes permettront le tracé immédiat, sans lignes de construction, des courbes se déduisant, d'une autre déjà tracée, par relation établie entre les ordonnées correspondant à une même abscisse.

Il est intéressant de remarquer que, dans le système à abscisses enroulées, les fonctions sinusoïdales peuvent être représentées, soit par des cercles, soit par des droites.

Nous nous réservons de faire connaître, dans une publication ultérieure, tous les détails relatifs à la méthode ici indiquée et aux mombreuses applications auxquelles elle peut se prêter.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur un appareil permettant de tracer la dérivée* [1] *moyenne d'une fonction représentée par sa courbe en coordonnées cartésiennes.* Note de M. **F. E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

On connaît les appareils « différenciateurs » de Helle-Schaw. Dans une première disposition, les variations de la dérivée sont mesurables entre ± 1. Et, dans une seconde disposition, ces mesures deviennent possibles entre $-1/2$ et $+\infty$, mais faites alors par le déplacement d'un curseur devant une règle graduée, et non plus par le tracé d'une courbe (les déplacements n'étant plus des ordonnées).

Dans tous ces appareils, les mouvements élémentaires de rotation donnés aux roulettes appropriées sont respectivement proportionnels à dx ou dy.

Nous allons indiquer ici une autre solution de « dérivographe » qui peut avoir des avantages intéressants.

Soit le point P assujetti à décrire une courbe $C[y = f(x)]$, ce point P étant lié à l'appareil dérivographe, lequel possède deux axes de rotation concourants et normaux O_1x_1, O_1y_1.

Sur l'axe O_1y_1 se trouve, centré, un cercle A de rayon R; et sur l'axe O_1x_1 se trouve, centré, un cercle ou plateau B, la circonférence du cercle A (lequel est normal au plan du plateau B) appuyant et roulant (sans glisser) contre le plan de ce plateau B.

Le système est combiné — et le détail cinématique et constructif en sera donné dans une étude développée que nous publierons, ailleurs, prochainement — de manière que si le point P décrit un arc élémentaire ds sur la courbe C, il en résulte, instantanément :

1° Pour l'arbre qui supporte le cercle A (et a pour axe O_1y_1), une rotation proportionnelle à $(dx + dy)$;

2° Pour le cercle B (d'axe O_1x_1), une rotation proportionnelle à dx (et dans le même rapport de proportionnalité).

C'est-à-dire, en appelant $d\alpha$ et $d\beta$ les rotations élémentaires (autour de ces axes correspondants) proportionnelles, respectivement, à dx et dy

$$d\alpha = k\,dx \qquad \text{et} \qquad d\beta = k\,dy,$$

[1] Nous faisons abstraction des discontinuités infinitésimales qui, le long de la courbe, créent l'indétermination des tangentes; c'est-à-dire, nous n'envisageons que la notion de dérivée moyenne.

avec la rotation $(d\alpha + d\beta)$ autour de $O_1 y_1$, et la rotation $d\alpha$ autour de $O_1 x_1$.

Supposons maintenant, que le cercle A de rayon R puisse se déplacer suivant son axe $O_1 y_1$ [1] (donc normalement, à son propre plan) de manière qu'il y ait, constamment, *égalité entre les rotations que lui donne*, par contact circonférenciel, *le plan du plateau* B *et les rotations de son arbre-support d'axe* $O_1 y_1$.

Et soit, en chaque instant, $\lambda + R$ la distance variable à laquelle il est de l'axe $O_1 x_1$. Dès lors, nous pouvons écrire

$$(\lambda + R)\, d\alpha = R(d\alpha + d\beta), \qquad \text{d'où} \qquad \frac{d\alpha + d\beta}{d\alpha} = \frac{\lambda + R}{R}$$

ou

$$\frac{d\alpha + d\beta - d\alpha}{d\alpha} = \frac{\lambda + R - R}{R} = \frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{\lambda}{R} = \frac{dy}{dx}.$$

Par conséquent $\lambda = R\, dy/dx$.

Le déplacement variable λ est proportionnel à la dérivée. Et, si nous prenons R pour unité de longueur (1^{cm} par exemple), λ exprime directement la valeur de cette dérivée $\lambda = y'_x$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les conditions à la paroi pour l'équation de la turbulence dans les canaux.* Note de M. **G. D. Mattioli**, présentée par M. Henri Villat.

Dans ma théorie dynamique de la turbulence [2], certaines constantes d'intégration étaient déterminées sur la base des données empiriques. La considération de la viscosité localisée dans une couche d'épaisseur extrêmement petite (*couche limite*) adhérente à la paroi, nous conduit à une relation qui doit être nécessairement satisfaite par les mêmes constantes.

1. Soient $2h$ la largeur du canal, y la coordonnée perpendiculaire aux parois, v la vitesse, ε (ou bien $\delta = \varepsilon/h$) l'épaisseur de la couche limite visqueuse.

---

(1) La solution classique par couple hélicoïdal (vis et écrou) est tout indiquée. C'est elle qui est employée dans les différenciateurs Helle-Schaw. Nous-même l'avons aussi utilisée dans un projet d'appareil à lecture directe pour mesurer le glissement des moteurs asynchrones (*Revue générale de l'Électricité*, 7, II, 1920, p. 58).

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1282.

δ étant très petit, on peut admettre que

$$v' = \frac{dv}{dy} = -v'^{**}$$

soit constant à l'intérieur de la couche limite. Sur la paroi, $v = 0$; et alors, si v^{**} est la vitesse sur la surface interne de la même couche,

$$v^{**} = \varepsilon v'^{**}.$$

Soient τ_0 la tension tangentielle visqueuse, ν le coefficient cinématique de viscosité; on a de deux manières

$$\tau_0 = \rho\nu v'^{**} = \rho\sigma h.$$

ayant posé $\rho\sigma = -dp/dx$ pour le gradient constant de pression. Si l'on introduit la quantité

$$u^{**} = \frac{v^{**}}{\sqrt{\sigma h}},$$

des équations précédentes il résulte

$$(1) \qquad \delta = \frac{\varepsilon}{h} = u^{**}\frac{\nu}{h\sqrt{\sigma h}},$$

u^{**} est un *nombre pur*, qui donne la grandeur de la vitesse avec laquelle la masse fluide turbulente glisse, apparemment, sur la paroi à cause de l'interposition de la couche visqueuse. *Il est extrêmement probable que u^{**} dépend seulement de la nature physique de la paroi : alors pour des surfaces lisses, indépendamment de la forme, u^{**} devrait être une constante universelle.*

2. Voyons les conséquences de cette hypothèse. Si l'on pouvait imaginer un fluide totalement dépourvu de viscosité, l'équation (cf. la Note citée, dont je retiens les notations)

$$-l^2 k v' = \sigma y$$

devrait valoir jusqu'à la paroi $y = h$, où l (*parcours de transfert turbulent*) s'annule : par conséquent on aurait

$$\lim v' = \lim u = \infty \qquad \text{pour} \quad y = h.$$

D'ailleurs, hors de la couche limite, le mouvement est indépendant de la viscosité : *la même condition doit donc être vérifiée par l'intégrale adoptée dans le cas réel.*

Nous avions trouvé

$$(2) \qquad u = \frac{1}{2c}\log\frac{1+c\xi}{1-c\xi} - a,$$

on satisfait à la condition précédente en prenant $c = 1$ (qui diffère de très peu de la valeur empirique 0,99187). Sur la surface interne de la couche visqueuse ($\xi = 1 - \delta$) soit u^* la valeur de u :

$$u^* = \frac{1}{\chi} \log \frac{2 - \delta}{\delta} - a. \tag{3}$$

Appelant u_0 la vitesse maxima (au milieu du canal), on a en outre

$$u_0 = u^* + u^{**}. \tag{4}$$

Les équations (1), (3), (4), si u^{**} est donné et u_0 est connu empiriquement, permettent de calculer la constante a : avec cette valeur, et $c = 1$, l'équation (2) est alors l'intégrale du mouvement.

Posons [1]

$$h = 0{,}6, \quad \sqrt{\sigma h} = 31{,}15, \quad \nu = 0{,}0117, \quad u_0 = 23{,}12,$$

on représente très bien la courbe $u(\xi)$ prenant $u^{**} = 11{,}18$, d'où résulte

$$u^* = 11{,}94, \quad a = 0{,}9.$$

Dans le cas des tubes nous avons trouvé la valeur très voisine $u^{**} = 11{,}8$: cette concordance justifie la présomption que u^{**} soit une constante indépendante de la forme des parois.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une absorption sélective de la lumière dans les Pléiades*. Note [2] de **M. D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Depuis longtemps déjà on a remarqué que les étoiles des Pléiades sont sensiblement plus jaunes que leurs types spectraux l'auraient fait supposer. Il semble que P. ten Bruggencate [3] soit le premier à avoir expliqué ce fait par une absorption sélective à l'intérieur du groupe même. Cette hypothèse ne semble pas avoir été universellement adoptée. Nous nous proposons ici de la justifier à l'aide des données nouvelles fournies par un Mémoire de Miss C. H. Payne [4]. Elles consistent dans des magnitudes

---

(1) Nikuradse, *Forschungsarb. Vereins deuts. Ingenieure*, n° 289, 1929, p. 102.

(2) Séance du 12 avril 1933.

(3) *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands*, 4, 1927, p. 51.

(4) *Harvard Annals*, 89, 1932, p. 43.

mesurées avec quatre filtres différents, correspondant à des longueurs d'ondes effectives :

$$\lambda_1 = 0,369\mu, \quad \lambda_2 = 0,425\mu, \quad \lambda_3 = 0,548\mu, \quad \lambda_4 = 0,634\mu.$$

Les étoiles sont divisées en deux groupes : 1° Les étoiles qu'on a reconnu être des membres physiques des Pléiades et 2° les étoiles du champ dont une partie appartient probablement aux Pléiades.

2. Nous avons calculé les indices de couleur x, y, z donnés par

$$x = m_{\lambda_2} - m_{\lambda_1}, \quad y = m_{\lambda_3} - m_{\lambda_2}, \quad z = m_{\lambda_4} - m_{\lambda_3}.$$

Si les étoiles obéissent à la loi de Planck on doit avoir les relations [1]

$$(1) \qquad x = 0,68y + 0,74, \qquad z = 0,48y + 0,36.$$

En fait nous avons reconnu qu'il n'y avait pratiquement pas de corrélation entre x et y et entre y et z. Si la loi du corps noir ne s'appliquait pas on devrait cependant s'attendre à trouver une corrélation entre ces quantités. Nous allons montrer qu'une absorption sélective rend compte des faits.

3. Supposons que les étoiles satisfassent à la loi de Planck, à l'aide de m_{λ_2} et de m_{λ_3}, on peut calculer des valeurs théoriques de m_{λ_1} et m_{λ_4}. Ces valeurs diffèrent des valeurs observées [2], les différences O — C étant données par

$$(2) \qquad R_1 = x - 0,68y - 0,74, \qquad R_4 = z - 0,48y - 0,36.$$

En attribuant ces résidus à l'action d'une absorption sélective d'après la loi de Lord Rayleigh on obtient

$$(3) \quad R_1 = -\beta[\lambda_2^{-4} - \lambda_1^{-4} - 0,68(\lambda_3^{-4} - \lambda_2^{-4})], \qquad R_4 = -\beta[\lambda_4^{-4} - \lambda_3^{-4} - 0,48(\lambda_3^{-4} - \lambda_2^{-4})].$$

β est un coefficient dépendant en particulier de l'épaisseur de la matière nébulaire traversée. Il varie donc d'une étoile à l'autre. On constate par le calcul que les coefficients de β sont tous deux positifs et égaux entre eux [$\log_{10}(-R/\beta) = -16,8$ lorsque λ est exprimé en centimètres]. Ceci veut dire que, *en apparence*, d'après les magnitudes rouges, les étoiles sont plus rouges que s'il n'y avait pas de diffusion et que d'après les magnitudes ultraviolettes elles sont plus bleues. C'est d'ailleurs ce qu'on observe, car

---

(1) Première approximation qui est pratiquement suffisante.

(2) Il ne faut pas tenir compte de la différence absolue, car l'origine choisie par Miss C. H. Payne est arbitraire, mais uniquement de sa variation d'une étoile à l'autre.

les courbes de répartition de R_1 et de R_4 ne sont pas des courbes normales de Gauss mais sont dissymétriques, il y a un excès de grandes magnitudes. En outre il existe une corrélation, faible à vrai dire, entre les résidus R_1 et R_4 fournis par les équations (2). Le coefficient de corrélation est de 0,24. Une droite satisfaisant au mieux aux données aurait pour équation $R_1 = R_4$, conforme à ce qu'on prévoyait d'après les équations (3).

Signalons encore qu'il n'y a pas de corrélation bien nette entre les quantités R_1 ou R_4 et le type spectral.

4. Les résidus R_4 expérimentaux, correspondant au rouge, semblent pour les membres certains des Pléiades dépendre de l'ascension droite des étoiles. La forme qui nous a été suggérée pour la nébuleuse des Pléiades rend compte de la répartition de la nébulosité observée autour de certaines étoiles.

Les résidus violets R_1 ne donnent pas des renseignements très nets, ceci provient sans doute de la présence pour ces longueurs d'ondes d'un spectre atomique continu comme l'a suggéré M. Jules Baillaud [1].

5. Nous avons identifié quatre étoiles qui sont presque certainement situées derrière les Pléiades. On obtient les valeurs suivantes de R_1 et de R_4 pour ces étoiles :

N° (Gaultier)	22.	100.	124.	139.	Moyenne.
R_1	−0,96	−0,17	−0,80	−0,48	−0,60
R_4	−0,58	−0,84	−0,50	−0,47	−0,60

et deux étoiles situées devant :

N° (Gaultier)	130.	148.	Moyenne.
R_1	−0,12	−0,35	−0,23
R_4	−0,02	+0,18	+0,08

Il y a donc bien une absorption sélective correspondant à ce que les équations (3) faisaient prévoir.

6. Numériquement l'absorption calculée dépasse cinq grandeurs dans l'ultraviolet, ce qui est excessif. Ceci provient sans doute pour la plus grande partie de ce que les étoiles ne suivent qu'imparfaitement la loi de Planck. En prenant pour loi d'absorption une loi en λ^{-n} $(n < 4)$, qui n'est pas impossible théoriquement, on obtient une absorption encore beaucoup plus considérable et qui en particulier pour n voisin de l'unité atteint cent grandeurs.

---

[1] *Bulletin astronomique*, 2e série, 4, 1924, p. 275.

O. Struve et ses collaborateurs (¹) avaient trouvé, en étudiant la lumière diffusée par certaines parties de la nébuleuse des Pléiades, qu'il devait y avoir ou bien diffusion suivant une loi en $\lambda^{-1,2}$ environ ou bien diffusion suivant la loi de Rayleigh accompagnée d'une diffusion non sélective. Ils avaient rejeté la première hypothèse. Nous confirmons ici qu'elle est absolument inacceptable.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *Un résonateur piézo-électrique à réponse uniforme pour une gamme donnée de fréquences.* Note de M. **Alexis Guerbilsky**, présentée par M. Henri Villat.

Depuis que M. Langevin a réalisé un résonateur piézo-électrique et l'a appliqué aux dispositifs de sondage par ultrasons, on a utilisé des résonateurs analogues pour de nombreuses autres applications comme, par exemple, les stabilisateurs de la fréquence des émetteurs de T. S. F., les oscillateurs entretenus par un quartz, etc. Dans toutes ces applications le cristal piézo-électrique oscille à sa fréquence propre et à amplitude constante, mais dès qu'il s'est agi de moduler ces amplitudes, on a rencontré des difficultés. Ainsi on a songé à réaliser des relais électro-optiques destinés à moduler la lumière pour des enregistrements photographiques des sons, la télévision, etc., basés sur l'emploi d'un quartz piézo-électrique vibrant à sa fréquence propre avec des amplitudes variant en fonction des variations à reproduire et disposé sur le trajet d'un faisceau de lumière polarisée. Aussi a-t-on essayé d'employer un cristal de quartz pour établir un couplage entre deux étages d'un amplificateur de réception des ondes modulées. Dans toutes ces applications la difficulté consistait en ce qu'un résonateur piézo-électrique tel qu'on l'a conçu jusqu'à présent, présentait une résonance très aiguë et, par conséquent, ne pouvait être modulé qu'à des fréquences très basses. En effet, pour qu'un résonateur vibrant à sa fréquence propre f puisse être modulé sans distorsion à des fréquences comprises entre zéro et une fréquence f', il faut que la courbe de résonance de ce résonateur possède une portion horizontale de largeur $2f'$. Or, une lame de quartz habituelle à faces parallèles présente une pointe de résonance de la largeur de l'ordre de $f.10^{-4}$. Pour une lame résonant à la fréquence de 5.10^6 p/sec cette largeur serait de 500 p/sec et

(¹) O. Struve, C. T. Elvey and C. P. Keenan, *Astrophys. Journ.*, 77, 1933, p. 274.

la fréquence maxima de modulation, même avec des distorsions, ne serait que de 250 p/sec.

J'ai réalisé des lames de quartz ayant une courbe de résonance avec une partie horizontale ayant la largeur imposée à l'avance. La fréquence propre d'une lame à faces parallèles vibrant suivant son épaisseur est inversement proportionnelle à celle-ci. Si donc on considère une lame dont l'épaisseur varie d'un endroit à l'autre de la lame, prenant des valeurs correspondant à des fréquences comprises entre $f-f'-a$ et $f+f'+a$, où a est une petite quantité correspondant à la largeur de la plage de localisation des vibrations, la courbe de résonance de la lame présentera un palier horizontal de largeur $2f'$ et les vibrations de la lame pourront être modulées sans distorsions à des fréquences comprises entre zéro et f'.

Dans le cas où f' représente la bande acoustique, il est facile de s'assurer de l'existence d'une partie horizontale de la courbe de résonance de largeur $2f'$. Il suffirait, par exemple, de construire une hétérodyne à la fréquence moyenne de la lame de quartz et, en écoutant ses battements avec le circuit oscillant du quartz, de constater que lorsqu'on fait varier la fréquence de ce circuit de façon à entendre toutes les fréquences audibles à partir des plus élevées jusqu'aux plus basses et ensuite inversement, l'aiguille de l'ampèremètre de haute fréquence ne bouge pas.

J'ai appliqué des lames de quartz à épaisseur non uniforme à la réalisation des relais électro-optique pour les enregistrements des sons, des microphones piézo-électriques à quartz vibrant en résonance, etc.

Des relais électro-optiques à quartz en lumière polarisée ont été constitués par des lames de différentes dimensions et ont présenté une réponse égale pour des fréquences de modulation allant au delà de 16000 p/sec. En choisissant des épaisseurs convenables, on peut aller beaucoup plus loin.

J'ai construit deux microphones basés sur les principes suivants. Premièrement le courant d'un circuit oscillant de haute fréquence a été entretenu à l'aide d'un quartz. Comme l'amortissement de quartz dépend de la densité du milieu environnant, l'amplitude du courant de haute fréquence dépend aussi de celle-ci et, par conséquent, cette amplitude suit les variations de densité provoquées par l'onde sonore. Si l'on détecte ce courant de haute fréquence, le courant détecté pourra être utilisé comme on utilise d'habitude les courants microphoniques.

La seconde réalisation a été basée sur le fait que lorsque le quartz vibre, il emprunte à son circuit une certaine quantité d'énergie qui se traduit

dans la courbe de résonance du circuit par une « crevasse » dont la profondeur dépend de l'amortissement du cristal. Une lame de quartz a été disposée dans un circuit composé par une bobine mise en parallèle avec le cristal et avec un condensateur variable. La bobine a été couplée avec un hétérodyne et l'ensemble a été accordé sur la fréquence moyenne du cristal de façon que le point correspondant sur la courbe de résonance se trouve dans la « crevasse ». Le fonctionnement du dispositif est analogue à celui du précédent.

IONISATION DES GAZ. — *Ionisation de l'air et de l'hydrogène dans la décharge à haute fréquence.* Note de M. T. V. **Ionescu** et M[me] **Irène Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons utilisé un tube de 1^m de longueur et de 4^{cm} de diamètre à l'intérieur duquel se trouve un bouchon en verre. Au bout du tube sont soudés, suivant son axe, deux fils de platine à 2^{mm} de distance; ils se trouvent dans un circuit comprenant une batterie de 4 volts et un galvanomètre. Nous avons admis que le courant qui passe dans le galvanomètre est proportionnel à l'ionisation dans le tube. L'ionisation se produit entre deux plaques situées à l'extérieur et diamétralement, au même bout du tube; elles sont mises en liaison avec un oscillateur. Nous avons étudié l'ionisation en fonction de la pression du gaz et d'un champ magnétique parallèle à l'axe du tube.

Voici les résultats observés *lorsque la pression du gaz* (*air ou* H^2) *est de* $0^{mm},001$ Hg. Pour des chauffages modérés ou puissants, une lumière faible apparaît entre les plaques. L'ampèremètre de l'oscillateur indique un courant très faible. On soulève l'une des plaques sans changer le chauffage : une lumière intense apparaît brusquement et s'étale sur une longueur de 40 à 100^{cm} dans le tube. L'ampèremètre de l'oscillateur indique de 0,1 jusqu'à 0,4 ampère. On remet à sa place la plaque : l'intensité de la lumière augmente et la colonne lumineuse se raccourcit. On déplace le bouchon de verre dans le tube jusqu'à l'amener près de la colonne lumineuse.

Dans les deux cas se forment des ondes stationnaires qui sont sans doute celles étudiées par M[lle] Chenot (¹). Elles sont plus brillantes dans le cas

(¹) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 38 et 673.

d'une seule électrode. Les vitesses de propagation correspondantes sont comprises entre 10000 et 40000 km/sec.

Le spectroscope nous montre les lignes du gaz très brillantes dans tout le spectre. C'est le deuxième régime de la Note précédente ([1]). La courbe B (*fig.* 1) nous donne l'ionisation dans le champ magnétique. Pour 23 gauss,

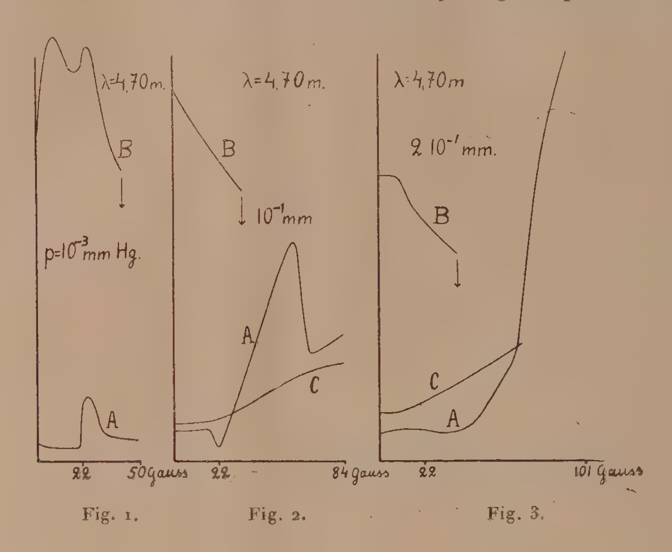


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

la courbe B nous montre une variation due aux électrons libres du gaz. Pour 43,7 gauss, la lumière et l'ionisation tombent brusquement, et nous sommes sur la courbe A, c'est-à-dire dans le premier régime de la Note précédente. Sur la courbe A, l'ionisation passe par un minimum pour 22 gauss, tandis que la lumière disparaît complètement. A 23 gauss, la lumière et l'ionisation passent par un maximum.

La pression est 0^{mm},1 Hg. — En chauffant modérément nous sommes dans le premier régime sur la courbe A. Ensuite, en *diminuant le chauffage de l'oscillateur, la lumière augmente, passe par un maximum très accusé puis s'affaiblit et disparaît.* Nous nous arrêtons sur le maximum de la lumière; les courbes C nous donnent l'ionisation dans ce régime. Elle augmente de même que l'intensité de la lumière et n'indique rien de particulier pour 22-23 gauss. Le spectroscope nous montre des lignes dans le rouge et l'orangé.

Si l'on chauffe beaucoup on trouve comme dans le cas précédent les

---

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1292.

courbes A et B. Il en est de même pour la pression $0^{mm},2$ Hg. Sur les figures 2 et 3, les ordonnées des courbes B sont diminuées 2,5 fois.

Nous n'essaierons pas de proposer une explication complète de tous les phénomènes observés. Mais pour faciliter l'étude nous admettrons les hypothèses suivantes : Dans les régimes C et A il y a des électrons associés aux molécules. Leur nombre est plus grand dans le régime C que dans l'autre, puisque à des pressions plus grandes et à des champs électriques faibles les liaisons sont plus stables (¹). Ces électrons ont des vibrations propres (²) et cèdent aux molécules l'énergie qu'ils empruntent à l'oscillateur en finissant par exciter ces molécules et les ioniser. Dans des champs électriques intenses ou bien lorsqu'on approche de la résonance ces liaisons sont détruites et la lumière disparaît même pour des pressions de quelques dixièmes de millimètre.

A la résonance des électrons libres, leur énergie est grande et l'ionisation se produit par des chocs. Pour expliquer le régime B qui diffère de A et C nous admettrons que les électrons forment alors un réseau avec les ions positifs (³). Par des oscillations des électrons de ce réseau l'énergie se propage dans le tube. En travaillant avec une seule plaque nous n'avons pas réussi à détruire ce régime même pour des valeurs du champ plus grandes que 150 gauss.

OPTIQUE. — *Nouveau colorimètre.*
Note de M. **R. Legendre**, présentée par M. A Cotton.

Sauf quand elle est bornée à l'observation du seuil d'apparition d'une couleur, la colorimétrie doit réaliser un ensemble complexe de conditions optiques : égalité d'éclairement de deux milieux de même transparence, dont les teintes sont dues au mélange en mêmes proportions de radiations de mêmes longueurs d'ondes.

Le colorimètre de Duboscq n'est utilisable que pour des comparaisons d'intensités entre des milieux de couleurs identiques. Dans tous les autres cas, il faut égaliser strictement les teintes; on a proposé pour cela des

(¹) On observe les mêmes phénomènes dans l'air aussi bien que dans H^2 où l'existence des ions négatifs est douteuse; mais les mesures sur les ions négatifs ont été faites dans des champs électriques intenses.

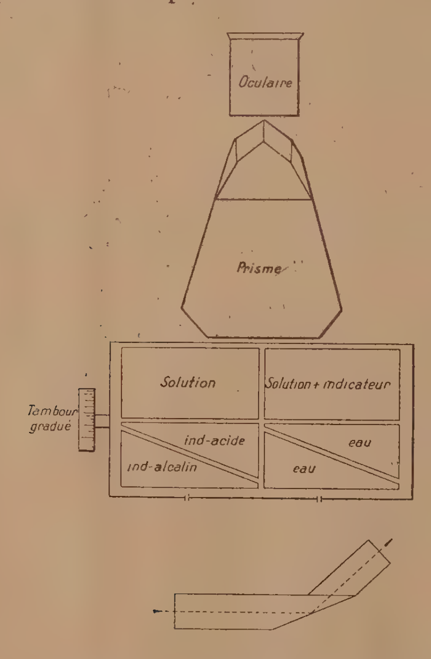
(²) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1008.

(³) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 928.

correcteurs variés : verres colorés, cuves complémentaires, trichromateurs, teintomètres, etc., mais les mesures ne sont correctes que si les couleurs ajoutées sont de même composition spectrale que celles du milieu en expérience.

Le développement des mesures colorimétriques de pH, particulièrement commodes avec les indicateurs bicolores, a conduit à modifier autrement le colorimètre classique. Bjerrum (1914), puis Gillespie (1921) ont imaginé deux moyens d'opérer sous épaisseur constante, en déterminant la couleur de référence par le rapport des épaisseurs de deux couches séparées, l'une virée par un acide, l'autre par un alcalin. Ce dispositif évite l'emploi des mélanges tampons de référence. Le comparateur de Bjerrum utilise une cuve rectangulaire cloisonnée selon une diagonale; celui de Gillespie deux cuves cylindriques concentriques.

En m'inspirant des données de Walpole et de Bjerrum, j'ai réalisé un nouveau colorimètre présentant diverses particularités qui me semblent rendre son emploi plus étendu et plus commode.



Sur un pied portant une platine fixe, un chariot est déplacé, perpendiculairement aux rayons lumineux, par un tambour actionnant une vis hélicoïdale à long pas. Ce chariot supporte un plateau, sur lequel sont placées côte à côte deux séries de trois

cuves dont une rectangulaire et deux prismatiques. La série de référence comprend une cuve rectangulaire remplie du liquide en examen, puis une cuve prismatique contenant la solution d'indicateur virée par un acide et tête-bêche une seconde cuve prismatique renfermant la même solution virée par un alcalin. La série dont on cherche la mesure comprend une cuve rectangulaire où l'on verse le liquide à étudier additionné d'indicateur à concentration convenable, puis deux cuves prismatiques qu'on emplit d'eau pure. Toutes les cuves ont une longueur de 4^{cm}; leurs faces latérales sont bien dressées; les cuves prismatiques ont une section trapézoïdale pour faciliter le nettoyage, les variations de pH n'étant d'ailleurs plus en proportion simple avec le rapport d'épaisseur des couches colorées aux limites du virage. Les deux séries de cuves sont enfermées dans une enceinte noircie. Chacune d'elles reçoit un filet lumineux provenant d'une source unique, pénétrant par une fente étroite de l'enveloppe. Les deux fentes sont distantes de 4^{cm}.

Les deux faisceaux lumineux ayant traversé les séries de cuves dans toute leur épaisseur sont reçus sur les faces latérales d'un prisme de Pulfrich, posé horizontalement sur le bâti, réduit à sa partie utile, et redressé, selon une conception ingénieuse de M. Mabboux, de façon à renvoyer l'image des deux champs lumineux à 45°, pour éviter l'examen en position incommode, horizontale ou verticale. L'arête du prisme est taillée avec précision pour que les deux champs apparaissent rigoureusement au contact, sans interposition d'une bande noire qui diminue la sensibilité de l'œil aux couleurs. L'image est observée à travers un oculaire positif.

En déplaçant le chariot porte-cuves, on fait varier la couleur d'un des champs, celle de l'autre restant fixe. Quand on observe l'égalité d'intensité et de couleur des deux plages au contact, on note la position des cuves par rapport aux fentes, soit sur les cuves elles-mêmes si elles portent des graduations, soit sur le tambour gradué. Cette position permet de connaître le rapport des épaisseurs des deux couleurs traversées et conséquemment le degré de virage ou le pH. Les changements de teintes sont sensibles pour des déplacements de 1 à $1^{mm},5$.

Le plateau porte-cuves étant détachable, le remplissage des cuves peut se faire en dehors de l'appareil, ce qui augmente la rapidité des mesures, dans le cas d'observations en série.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de l'oxygène dans l'ultraviolet.* Note (1) de M. L. **Herman**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Le magnétisme de l'oxygène liquide ou comprimé (2) ainsi que son spectre d'absorption ultraviolet ont porté à croire à l'existence d'une molécule O^4 provenant d'une liaison peu définie des électrons extérieurs de deux molécules O^2.

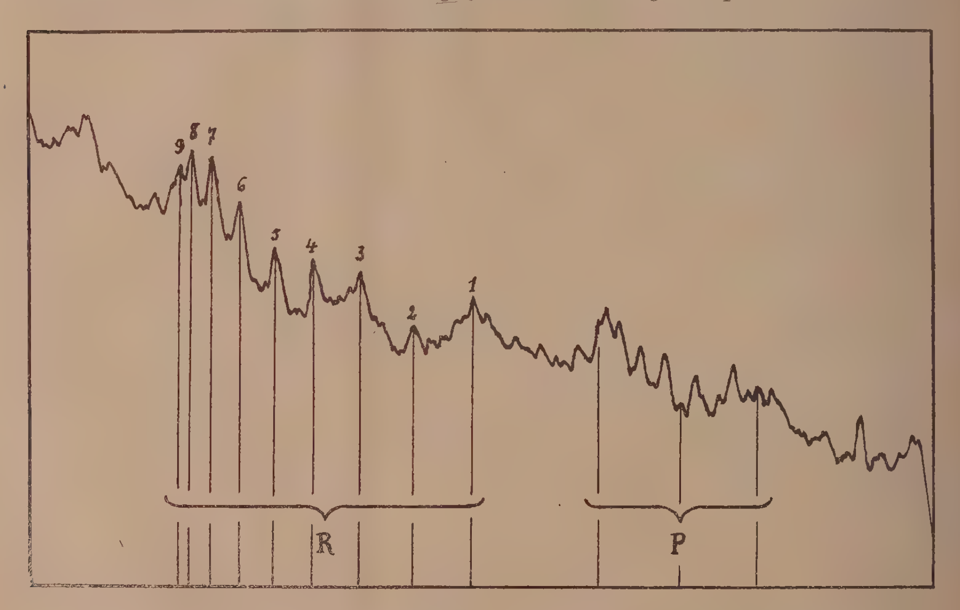
(1) Séance du 6 juin 1933.

(2) N. Lewis, *J. Am. Ch. Soc.*, 46, 1924, p. 2027.

L'examen spectroscopique a montré l'existence d'une absorption très forte, avec de larges triplets s'étendant de 2750 à 2400 Å environ, superposés à un spectre continu.

II. Reprenant avec une plus grande dispersion l'étude de l'absorption de l'oxygène dans cette région, j'ai trouvé une structure beaucoup plus complète que celle décrite par Finkelnbourg et Steiner ([1]).

Il semble y avoir superposition de plusieurs spectres de raies dont l'un se détache très nettement. Ce spectre constitue une famille de bandes de vibration-rotation dont le nombre est égal à celui des larges triplets.



Pour m'assurer que cette structure fine n'était pas due à des impuretés, j'ai utilisé successivement de l'oxygène industriel à 98 pour 100, obtenu soit à partir de l'air liquide, soit par l'électrolyse de l'eau, de l'oxygène pur à 99,9 pour 100 et enfin de l'azote commercial. Quelle que soit sa provenance, l'oxygène a toujours donné identiquement le même spectre, tandis que l'azote ne montrait rien de semblable.

L'attribution de la structure en question à l'oxygène est d'ailleurs con-

---

([1]) Liveing and Dewar, *Phil. Mag.*, **26**, 1888, p. 387; *Phil. Mag.*, **34**, 1892, p. 205; Olszewski, *Wied. Ann.*, **42**, 1891, p. 663; Finkelnbourg et Steiner, *Zeit. f. Physik*, **79**, 1932, p. 69.

firmée par le fait que la région des bandes de rotation-vibration coïncide avec celle de l'absorption ultraviolette de l'oxygène comprimé et que chaque bande s'étend sur la même partie du triplet correspondant.

En prenant plusieurs copies successives sur plaques à grands contrastes d'un cliché obtenu avec un tube d'oxygène de 2^m de longueur, j'ai constaté que les bandes de rotation-vibration pouvaient être observées à la pression atmosphérique. Elles sont déjà très nettes sous une pression de 2^{atm} et peuvent être étudiées commodément de 5 à 25^{atm} par exemple.

III. Les longueurs d'onde des raies ont été déterminées en juxtaposant le spectre du fer au spectre étudié et en interpolant graphiquement les enregistrements faits au microphotomètre. La figure reproduit l'enregistrement de deux de ces bandes. Le tableau ci-après donne les longueurs d'onde de l'une d'elles et leur nombre d'ondes :

m.	λ observé.	ν observé.	ν calculé.
0			
1	2481,17	40303,6	40306,5
2	2477,50	40363,3	40363,6
3	2474,40	40413,8	40414,5
4	2471,67	40458,5	40459,2
5	2469,31	40497,1	40497,7
6	2467,34	40529,5	40530,0
7	2465,76	40555,4	40556,1
8	2464,55	40575,3	40576,0
9	2463,97	40589,8	40589,7

Cette bande, comme les autres d'ailleurs, obéit à la première loi de Deslandres et peut être représentée par la relation

$$\nu = 40243,2 + 66,4m - 3,1m^2,$$

où $m = 1, 2, 3, \ldots$.

L'intensité relative des raies montre sans erreur possible qu'elles appartiennent toutes à une même branche P ou R. Il ne peut y avoir ambiguïté que sur le sens du numérotage. Or, en renversant celui-ci, on a un coefficient de m beaucoup trop petit par rapport à celui de m^2 et l'on aboutit à une valeur négative du moment d'inertie. Il s'agit donc d'une branche R.

Quant aux branches P et Q, elles devraient être représentées par les relations

(P) $$\nu = 40243,2 - 66,4m - 3,1\,m^2,$$

(Q) $$\nu = 40243,2 - 3,1(m+1)m.$$

Sur la figure sont indiquées les premiers membres de la branche P relativement faibles. La branche Q n'apparaît pas, du moins dans les bandes de courtes longueurs d'onde.

IV. Le moment d'inertie initial déduit des formules précédentes serait $0{,}9.10^{-40}$ gr × cm². La molécule absorbante ne serait donc pas la molécule O_2, dont le moment d'inertie atteint $2{,}2.10^{-39}$ gr × cm² (¹).

PHOTOCHIMIE. — *Élévation de la sensibilité des émulsions photographiques par électrophorèse.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on soumet une émulsion photographique à un lavage à l'eau, on constate, en général, une augmentation de la sensibilité.

Cette élévation de sensibilité est beaucoup plus intense si l'on remplace l'eau par une solution aqueuse d'ammoniaque. La différence entre l'action de l'eau et celle de l'ammoniaque peut être expliquée par le fait que les halogénures d'argent présentent une solubilité appréciable dans l'ammoniaque, alors qu'ils sont, au contraire, très peu solubles dans l'eau.

Si cette hypothèse d'un rapport entre la solubilité des halogénures d'argent et l'élévation de la sensibilité est exacte, toute augmentation de l'efficacité du lavage doit conduire à de plus hautes sensibilités.

Afin de vérifier cette supposition, j'ai essayé d'appliquer aux émulsions photographiques le procédé d'électrophorèse (²) qui m'avait permis de séparer les corps adsorbés d'avec les corps adsorbants et qui joue le rôle d'un lavage extrêmement effectif.

Dispositif expérimental. — Des plaques photographiques, au bromure d'argent, non orthochromatiques, et à grande sensibilité (1200° H. et D.), étaient découpées en bandes de 4^cm de largeur, et placées dans une petite cuvette portant à chaque extrémité une électrode de platine. De l'eau distillée, à 20°, tombait goutte à goutte au centre de la plaque et recouvrait cette dernière d'une couche de quelques millimètres. Le trop-plein du liquide s'écoulait de chaque côté au voisinage des électrodes. On faisait passer un courant électrique continu de 30 à 40 milliampères sous 110 volts.

Après un temps variable suivant les essais, les plaques étaient rapidement

(¹) W. Lochte-Holtgreven et G. H. Diecke, *Ann. der Physik*, 5ᵉ série, 3, 1929, p. 937.

(²) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 934.

séchées dans un courant d'air, puis exposées, sous un filtre bleu interceptant les radiations de longueurs d'onde supérieures à 5500 Å, dans un sensimètre à temps de pose croissants et développées comparativement avec une plaque non traitée.

Résultats expérimentaux. — Les résultats de ces expériences sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Essais.	Durée.	Sensibilités relatives.	Densités du voile.
Émulsion type..	»	1	0,1
1..............	15 minutes	1	0,1
2..............	2 heures	3	0,3
3..............	4 »	5	0,55
4..............	6 »	4	0,85
5..............	14 »	0,5	altération de la gélatine

Au bout de 15 minutes, on n'observe encore aucun changement de sensibilité; en effet, les plaques du commerce contiennent toujours un excès d'halogénures solubles dont l'élimination complète demande un temps appréciable.

Après un traitement de plusieurs heures, la sensibilité croît considérablement, passe par un maximum, enfin décroît. En même temps la densité du voile chimique augmente constamment.

Cette existence d'un maximum de sensibilité est en accord avec les résultats que j'ai obtenus précédemment sur l'action de l'alcalinité ou de la chaleur, sur la sensibilité des émulsions photographiques [1]. Dans ces expériences la sensibilité passait également par un maximum puis décroissait alors que le voile continuait à croître.

L'action de l'électrophorèse pendant 14 heures détermine une chute de la sensibilité, qui devient moitié moindre que celle de la plaque type; mais en raison de la longue durée de l'essai il se produit des altérations de la gélatine, fait qui modifie les propriétés de l'émulsion.

Si avec le même dispositif expérimental, on soumet les plaques à un simple lavage à l'eau, *sans action du courant électrique*, après 4 heures la sensibilité est seulement doublée.

L'action de l'électrophorèse en présence d'eau permet donc d'augmenter la

[1] *Sc. et Ind. phot.*, 2e série, 4, n° 6, 1933, p. 177.

sensibilité du bromure d'argent dans une proportion beaucoup plus grande que l'action de l'eau seule.

Les sensibilités obtenues sont de l'ordre de celles observées lors du trempage des plaques dans des solutions ammoniacales.

J'ai constaté dans les eaux résiduelles de l'électrophorèse la présence du brome, mais non celle de l'argent.

Le mécanisme de ces phénomènes reste à étudier.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les propriétés photochimiques du chlorure de chromyle.* Note de M. **Kantzer**, présentée par M. Ch. Fabry.

La vapeur de chlorure de chromyle, exposée à la lumière, se décompose très rapidement en donnant des fumées grises. L'action est si rapide qu'elle rend difficile l'étude du spectre d'absorption de ce corps, le faisceau de lumière à spectre continu qui traverse la vapeur produisant, si l'on ne prend pas de précautions spéciales, une forte décomposition pendant la durée d'une pose photographique.

Ayant constaté que la lumière jaune est sans action, j'ai utilisé la raie d'absorption 5873 du chlorure de chromyle pour étudier les conditions dans lesquelles la décomposition se produit. La vapeur pure et non saturante étant placée dans un tube à absorption scellé, on la fait traverser par le faisceau d'une lampe à incandescence filtré par une solution acide de sulfate de quinine (pour éliminer l'ultraviolet) et une solution de chromate neutre de potassium dont on peut faire varier la concentration de manière à affaiblir plus ou moins les radiations violettes et bleues. On analyse au spectrographe la lumière qui a traversé cet ensemble. En faisant des poses successives, on peut juger, par les variations du spectre d'absorption du chlorure de chromyle, des altérations que ce corps peut subir.

Lorsque la solution de chromate servant de filtre est concentrée, aucune décomposition ne se produit; mais, en diminuant progressivement cette concentration, on introduit des radiations de plus courtes longueurs d'onde, et il arrive un moment où la décomposition commence à se produire. Je suis ainsi arrivé à ce résultat que la décomposition est produite seulement par les radiations de longueur d'onde inférieure à 4200 A.

J'ai essayé de déterminer la réaction que produit la lumière. La production de fumées indique la formation d'un produit non gazeux. D'autre part, j'ai pu constater que la décomposition faite dans un volume invariable et sans changement de température n'entraîne aucun changement de pression. Dans le gaz résultant de la décomposition, j'ai pu déceler la présence du

chlore, mais non la présence de l'oxygène. Ces faits conduisent à penser que la décomposition se fait suivant la formule

$$CrO^2Cl^2 \rightarrow CrO^2 + Cl^2.$$

Les fumées seraient formées de l'oxyde CrO^2, qui a été décrit par Moissan.

Dans ces expériences, les radiations agissantes ont été celles dont la longueur d'onde est supérieure à 3500 A; les résultats obtenus ne préjugent rien sur les actions que pourrait produire l'ultraviolet de longueur d'onde inférieure à cette limite.

RADIOCHIMIE. — *Sur l'émission de rayonnement par les réactions chimiques.* Note [1] de MM. **René Audubert** et **Van Doormaal**, présentée par M. Jean Perrin.

L'émission de rayonnement par les réactions chimiques a été constatée dans un certain nombre de cas de chimiluminescence, mais il semble que l'on puisse considérer ce phénomène comme beaucoup plus général.

Récemment Franck et Radionow, en cherchant à mettre en évidence un rayonnement mitogénétique, ont montré, grâce à une cellule d'aluminium, que quelques réactions, en particulier $FeSO^4 + K^2Cr^2O^7$, sont susceptibles d'émettre du rayonnement quand on les active par la lumière visible.

Pour déceler le rayonnement de très faible intensité émis au cours des réactions chimiques, il est nécessaire d'utiliser des dispositifs d'une extrême sensibilité.

Rajewsky [2] a montré qu'un compteur de Geiger-Müller avec cathode de potassium constitue une cellule photoélectrique d'une sensibilité exceptionnelle (50 à 100 quantas cm^2/sec^{-1}).

La fréquence des décharges spasmodiques, petite à l'obscurité augmente considérablement pour de très faibles intensités de rayonnement.

Après Rajewsky, Franz Seyfert [3], Franck et Radionow [4], Gordon et Locker [5] ont réalisé des compteurs photoélectriques avec des cathodes d'aluminium, de zinc, de magnésium.

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) *Phys. Zeit.*, 32, 1931, p. 121.

(3) *Jahrbücher für Wiss. Botanik*, 76, v, Juli 1932, p. 2.

(4) *Bioch. Zeit.*, 249, 1932, p. 4 et 6.

(5) *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 525.

Nous avons réalisé des compteurs analogues en utilisant des photocathodes de natures différentes : CuI, Cu^2O, CuO, Cu, Al fonctionnant dans l'air ou l'azote, à des pressions de 0,1 à 27^mm de mercure sous des tensions comprises entre 500 et 900 volts.

L'anode de la cellule était réunie à la grille d'une lampe de haut isolement et de faible capacité; un deuxième étage était constitué par une lampe de puissance dont le circuit plaque contenait un haut-parleur et un relais connecté à un compteur téléphonique enregistrant le nombre des décharges.

Ces compteurs sont doués d'une sensibilité considérable : le rayonnement ultraviolet émis par la combustion d'une allumette est décelé à 5 ou 6^m par un roulement ininterrompu dans le haut-parleur, qui cesse dès qu'on interpose une lame de verre.

La sensibilité, fonction de la tension et de la pression, ne reste pas constante; des phénomènes de fatigue exigent fréquemment le renouvellement de la surface cathodique. Comme d'autre part l'instabilité du phénomène de décharge est très grande, on comprend que les expériences soient extrêmement délicates.

Nous avons ainsi vérifié qu'un grand nombre de réactions chimiques possèdent la propriété d'émettre des photons en quantités non décelables par les moyens ordinaires. Des résultats positifs ont été obtenus dans les cas suivants : oxydation de l'hydrosulfite, du pyrogallol, oxydation des alcools par l'acide chromique, oxydation anodique de l'aluminium, du silicium, du magnésium, du tantale, décomposition de l'eau par les amalgames (sodium, potassium, magnésium), oxydation à l'air de l'aluminium, oxydation lente du phosphore.

Le tableau suivant donne quelques-uns des résultats de ces recherches préliminaires.

	Nombre de décharges par minute	
	à l'obscurité.	en présence de la réaction.
Oxydation de l'hydrosulfite	40	70
Oxydation anodique du tantale	20	150
Oxydation anodique du silicium	25	75
Oxydation de l'alcool éthylique par l'acide chromique.	6	80
Oxydation de l'acide pyrogallique (¹)	20	60
Décomposition de l'eau par l'amalgame de Mg	6	30

(¹) Réaction étudiée déjà par Frank et Radionow, *loc. cit.*

Ces nombres représentent les moyennes de numération portant sur des durées de 20 minutes, chaque expérience durant plusieurs heures.

Les conclusions auxquelles conduisent ces premiers essais, données avec la réserve que comporte la difficulté de ces mesures, sont les suivantes : en premier lieu, l'intensité du rayonnement chimique croît très vraisemblablement avec la vitesse de la réaction. D'autre part, le spectre d'émission doit être caractéristique de la réaction. Les photocathodes étudiées possèdent des sensibilités spectrales différentes; CuI a sans doute une sensibilité très sélective dans l'extrême ultraviolet, nulle dans le visible; l'aluminium dont le maximum est situé vers 2000 à 2200 Å est légèrement sensible aux radiations bleu violettes, tandis que Cu^2O et CuO le sont beaucoup plus. Or, on constate que les réactions agissent de façons très différentes à l'égard de ces diverses photocathodes, par exemple, Al est sensible tant à l'ultraviolet, résultant de l'oxydation lente du phosphore qu'à celui émis par l'oxydation vive du soufre, du carbone et du phosphore, tandis que CuI est insensible à l'oxydation vive du phosphore et du soufre, ainsi que la plupart des réactions étudiées; mais est extrêmement sensible à l'oxydation du carbone.

Il est difficile, dans l'état actuel des résultats expérimentaux de préciser le mécanisme de l'émission de ce rayonnement, mais étant donnée la quantité très faible de photons émis par rapport au nombre total de molécules réagissant, on peut se demander si cette émission ne serait pas caractéristique du retour spontané à l'état normal d'une partie des molécules activées. Dans ces conditions l'étude systématique de ces phénomènes doit conduire à préciser nos connaissances sur le mécanisme intime des réactions, un compte photons pouvant être regardé comme enregistrant les aspects successifs du destin individuel de la molécule.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Électrons positifs de transmutation.*

Note de Mme **Irène Curie** et M. F. **Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que des photons d'énergie suffisamment élevée peuvent produire des électrons positifs en rencontrant des noyaux lourds. Les rapports du nombre d'électrons positifs

---

[1] Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1581.

au nombre d'électrons négatifs, observés avec un radiateur en plomb, sont respectivement 8 et 40 pour 100 pour les rayons γ de $2,65 \times 10^6$ et (Th C″) et de 5×10^6 et (Po + Be). Le photon en rencontrant un noyau peut créer deux électrons de charges opposées.

Nous montrons ici que la transmutation de certains éléments légers par les rayons α s'accompagne de l'émission d'électrons positifs.

Une source de polonium de 20 millicuries couverte par une feuille d'aluminium est placée devant un orifice ménagé dans la paroi de la chambre à détente d'un appareil Wilson. Un champ de 400 gauss est établi dans le volume de cette chambre.

On observe l'émission de nombreux électrons positifs (environ un par détente) provenant de la source. Si l'on remplace l'aluminium qui couvre la source par une feuille d'argent, de paraffine ou de lithium, on n'observe pas d'électrons positifs. Ceux-ci sont donc produits dans l'aluminium et ne proviennent pas du polonium. Le phénomène se produit, si l'on remplace l'aluminium par le bore. L'émission des électrons positifs n'est pas due à l'action des protons de transmutation de l'aluminium sur l'aluminium. En effet, les rayons α étant complètement absorbés dans une feuille mince de Al, le nombre des électrons positifs observés ne varie pas selon qu'on absorbe les protons de transmutation dans un écran d'Al ou d'Ag. Une première statistique des énergies des électrons émis par Al irradié par des rayons α du polonium montre que la plupart de ces électrons ont une énergie inférieure à $1,6 \times 10^6$ eV; toutefois, on observe un petit nombre ayant une énergie de 2 à 3×10^6 eV. Les électrons négatifs observés avec Al ou les autres radiateurs ont presque tous une énergie inférieure à $0,7 \times 10^6$ eV et peuvent être dus en majeure partie à la présence du faible rayonnement γ de Po ($h\nu = 0,8 \times 10^6$ eV). Enfin, dans le cas d'un radiateur en aluminium, les électrons positifs sont émis aussi bien vers l'arrière que vers l'avant par rapport à la direction des rayons α. Nous interprétons ces résultats de la façon suivante :

On sait que l'aluminium ou l'isotope 10 du bore émettent sous l'action des rayons α des protons de transmutation. *Parfois la transmutation s'effectuerait avec émission d'un neutron et d'un électron positif au lieu d'un proton.* Ces deux processus qui conduisent à un même noyau transformé, sont peu différents au point de vue des énergies mises en jeu. Il y aurait lieu d'admettre l'hypothèse suivant laquelle un proton serait constitué par un neutron et un électron positif.

Il est à remarquer que ce nouveau phénomène constitue le moyen de

beaucoup le plus efficace pour produire et étudier les électrons positifs. Le nombre d'électrons positifs émis par l'aluminium est de l'ordre de 1 pour 2×10^6 particules α incidentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre par variation de masse.* Note de M. R. ETIENNE, présentée par M. Le Chatelier.

A la suite des deux Notes récentes de M. Le Chatelier ([1]) sur le déplacement de l'équilibre, les considérations suivantes, empruntées à mon enseignement à l'École des Mines et qui permettent de préciser les conditions d'application de la règle classique, présenteront peut-être quelque intérêt.

1. *Notations.* — La réaction $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \ldots = \nu'_1 A'_1 + \nu'_2 A'_2 + \ldots$ joue dans un système formé de $n_1, n_2, \ldots$ molécules des corps $A_1, A_2, \ldots$ accompagnés de $m_1, m_2, \ldots$ molécules de corps inertes. Nous prendrons comme *sens positif* pour la réaction celui qui fait apparaître les corps $A_1, A_2, \ldots$ du premier membre. $N = \nu_1 + \nu_2 + \ldots - \nu'_1 - \nu'_2 \ldots$ est la variation du nombre des molécules quand la réaction joue une fois, $\mu_1, \mu_2, \ldots$ étant les potentiels moléculaires des corps $A_1, A_2, \ldots$ la variation δZ du potentiel total lorsque la réaction joue une fois est la somme algébrique $F = \Sigma \nu_1 \mu_1$. Si la réaction joue Δx fois, la variation du potentiel est $\Delta Z = F \Delta x$.

2. *Déplacement de l'équilibre.* — Le système étant en équilibre à p et T constants, donnons un accroissement à la masse de l'un des corps réagissants A_1, n_1 devenant $n_1 + \Delta n_1$. Si ce corps n'est pas seul dans la phase qui le contient, l'équilibre est, en général, troublé. F prend une valeur $F' \neq 0$. La réaction joue Δx fois et il s'agit de déterminer le signe de Δx.

Dans la réaction spontanée qui s'accomplit, le potentiel total ne peut que diminuer. On aura donc

$$F' \Delta x = \left(F + \frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1 \right) \Delta x < 0.$$

L'état initial étant un état d'équilibre, on a $F = 0$ et l'inégalité fondamentale devient $\partial F / \partial n_1 \, \Delta n_1 \, \Delta x < 0$.

Si $\partial F / \partial n_1 > 0$, Δn_1 et Δx seront de signes contraires. Tout accroissement de masse de A_1 provoque la réaction qui consomme A_1 : règle *classique*.

Si $\partial F / \partial n_1 < 0$, conclusion inverse ; tout accroissement de masse de A_1 provoque la réaction qui produit une quantité supplémentaire de A_1 : règle classique *inversée*.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1557 et 1753.

Si $\partial F/\partial n_1 = 0$, un accroissement de masse Δn_1 ne trouble pas l'équilibre : état *indifférent*.

$\partial F/\partial n_1$ joue par suite pour la masse le rôle que jouent respectivement pour T et p les dérivées partielles $\partial F/\partial T = Q/T$ et $\partial F/\partial p = \delta V$.

Seulement $\partial F/\partial n_1$ est en général moins facile à exprimer. On y arrive cependant sans difficulté dans un certain nombre de cas importants.

3. *Mélanges gazeux.* — Dans ce cas on a $\mu_1 = \varphi_1(p, T) + RT \operatorname{Log} c_1$, en posant $c_1 = n_1/\Sigma n_1$ on tire de là

$$F = \Sigma \nu_1 \mu_1 = \Phi(p, T) + RT[\Sigma \nu_1 \operatorname{Log} n_1 - \mathfrak{N} \operatorname{Log} \Sigma n_1].$$

D'où finalement

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} = RT\left(\frac{\nu_1}{n_1} - \frac{\mathfrak{N}}{\Sigma n_1}\right).$$

Si $\mathfrak{N}$ est nul ou négatif, $\partial F/\partial n_1$ est toujours positif.

Si $\mathfrak{N}$ est positif, il en sera de même si $c_1 < \nu_1/\mathfrak{N}$. Mais au contraire $\partial F/\partial n_1$ sera négatif, et la règle inversée s'appliquera si $c_1 > \nu_1/\mathfrak{N}$. Dans ce cas, il n'y aura de valeurs acceptables pour c_1 que si $\nu_1/\mathfrak{N} < 1$ ou $\mathfrak{N} > \nu_1$ ce qui implique, $\mathfrak{N}$ et ν_1 étant entiers, $\mathfrak{N} \geqq 2$.

4. *Domaine d'application des deux règles.* — La règle classique inversée pourra donc s'appliquer à un constituant A_1 lorsque la réaction qui produit ce constituant s'effectuera avec une augmentation du nombre des molécules au moins égale à deux $\mathfrak{N} \geqq +2$, et que le coefficient ν_1 du constituant sera inférieur à $\mathfrak{N}$. Elle sera valable à partir de tous les états d'équilibre pour lesquels $c_1 > \nu_1/\mathfrak{N}$. *Exemples :*

$$\underline{CO} + 3H^2 = CH^4 + H^2O.$$

La règle inversée peut s'appliquer à un corps du premier membre $\mathfrak{N} = 2$. La condition $\nu_1 < \mathfrak{N}$ élimine H^2. Elle est au contraire satisfaite pour N^2.

$\underline{N^2} + 3H^2 = 2NH^3$	$\underline{CO^2} + 4H^2 = CH^4 + 2H^2O$
$\underline{CO} + 2H^2 = CH^4O$	$n\underline{CO} + (2n+1)H^2 = C_nH_{2n+2} + nH^2O$
$HCN + 2H^2 = CH^3NH^2$	$n\underline{CO} + 2nH^2 = C_nH_{2n+2}O + (n-1)H^2O$.

5. *Cas particulier des mélanges ternaires gazeux* avec une réaction telle que $\nu_1A_1 + \nu_2A_2 = \nu_3A_3$. La règle inversée ne saurait s'appliquer au composé A_3 puisqu'on ne peut avoir $\nu_3 < \nu_3 - \nu_1 - \nu_2$. Mais elle pourra s'appliquer au composant A_1 si l'on a $\nu_1 < \nu_1 + \nu_2 - \nu_3$, ou simplement $\nu_2 > \nu_3$ (vérification sur les exemples ci-dessus).

6. *Variation de la concentration au cours de la réaction provoquée.* — La

réaction jouant Δx fois, la concentration $c_1 = n_1/\Sigma n_1$ devient

$$c_1 + \Delta c_1 = \frac{n_1 + \nu_1 \Delta x}{\Sigma n_1 + \mathfrak{N} \Delta x},$$

d'où l'on tire, Δx restant très faible,

$$\Delta c_1 = c_1 \left(\frac{\nu_1}{n_1} - \frac{\mathfrak{N}}{\Sigma n_1} \right) \Delta x.$$

On voit que Δc_1 et Δx seront du même signe ou inversement selon le signe de la parenthèse déjà rencontrée dans l'expression de $\partial F/\partial n_1$.

En substituant dans cette dernière, on obtient

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} = \frac{RT}{c_1} \frac{\Delta c_1}{\Delta x},$$

et l'inégalité fondamentale devient

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1 \Delta x = \frac{RT}{c_1} \Delta n_1 \Delta c_1 < 0,$$

ou enfin $\Delta n_1 \Delta c_1 < 0$.

Tout accroissement de masse du constituant A_1 *provoque celle des deux réactions inverses qui fait diminuer la concentration de ce constituant et inversement.*

La simplification obtenue est très grande. Elle est également très intéressante au point de vue du concept de l'opposition de l'action à la réaction.

Mais il faut prendre garde que la réaction qui fait diminuer la concentration du constituant considéré sera tantôt celle qui consomme ce constituant, tantôt celle qui le produit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du catalyseur au fer utilisé pour l'hydrogénation de l'oxyde de carbone à la pression ordinaire.* Note de MM. **Decarrière** et **J. Antheaume**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous nous proposons d'étudier ici l'influence de deux substances préconisées comme adjuvants : le cuivre et le carbonate de potassium (1) et (2). Nous utilisons un catalyseur constitué par un mélange oxyde de fer-cuivre-carbonate de potassium comme celui qu'adopta F. Fischer (2) pour l'une de ses recherches (1 atome de cuivre pour 4 atomes de fer, et $0^g,01$ de carbonate de potassium par gramme des deux métaux); nous comparons les

(1) E. Audibert et A. Raineau, *Ann. Combustibles liquides*, 3, 1928, p. 374, 377, 409.

(2) Fr. Fischer, *Brennstoff-Chemie*, 11, 1930, p. 492.

résultats publiés par ce savant avec ceux que nous avons obtenus en réduisant d'abord notablement la teneur en cuivre, puis en l'annulant, enfin, en supprimant rigoureusement le carbonate alcalin.

La technique opératoire est la suivante : nous préparons le catalyseur en mettant en suspension la terre d'infusoires dans la solution aqueuse des nitrates ferrique et cuivrique, à raison d'un gramme de terre par gramme des métaux, et nous précipitons par le carbonate de potassium en très faible excès; nous lavons le précipité jusqu'à neutralité, puis pour certaines catégories d'essais lui incorporons du carbonate de potassium supplémentaire; dans d'autres cas, nous éliminons au contraire par lavage électrolytique les traces restantes de carbonate et de nitrate de potassium.

Dans tous les cas, la substance est ensuite séchée à 110°, afin de pouvoir être pulvérisée; puis, après tamisage, nous en prélevons un poids donné qui est réparti en traînée régulière sur une longueur déterminée dans un tube en verre Pyrex et soumis à la réduction ménagée par l'hydrogène pur, à 250°; la température est contrôlée au moyen d'un thermomètre à mercure dont le réservoir est placé dans le catalyseur même.

Sur ce catalyseur, maintenu à cette même température, nous envoyons ensuite le mélange ($CO + 1,75\ H^2$) des gaz purifiés; les gaz sortants sont refroidis à — 23°, puis à — 80° et abandonnent un mélange d'hydrocarbures, que l'on scinde facilement en paraffine et hydrocarbures liquides à la température ordinaire.

Les expériences sont résumées dans le tableau suivant; nous faisons remarquer que le catalyseur initial, type Fischer, pourrait être plus actif : nous avons en effet utilisé dans toutes ces expériences une terre d'infusoires de densité apparente relativement élevée (0,4) :

	Composition du catalyseur.			Composition du condensat par m³ de gaz traité.			Composition pour 100 du condensat global.		
	Fe.	Cu.	CO^3K^2.	Eau.	Hydrocarbures liq.	Paraffines.	Eau.	Hydrocarbures liq.	Paraffines.
Catalyseur initial (Type Fischer).......	4 at	1 at	0,02 mol	4,6 g	4,5 g	2,2 g	40,7	39,8	19,5
Moins de cuivre.	4	0,1	0,02	10,5	21,7	10,8	24,4	50,5	25,1
Sans cuivre....	4	0	0,02		0	0	–	0	0
Sans CO^3K^2...	4	1	0	4,6	6,7	2,1	34,5	50,0	15,7
Lavé électrolytiquement...	4	1	0	19,6	37,4	13,0	28,0	53,4	18,6
Sans Cu, lavé électrolytiquement.....	4	0	0	10	–	2	83		17

Il résulte de ces expériences que la masse de catalyse privée de cuivre est pratiquement inactive; mais, il semble qu'il est fort avantageux d'utiliser un catalyseur contenant moins de cuivre que celui de Fischer; bien entendu, ce résultat n'est peut-être pas applicable dans la pratique, où l'on cherche à la fois la qualité et la durée, nos expériences n'ayant pu être continuées pendant un temps supérieur à une semaine.

Le rôle du carbonate de potassium est défavorable, puisqu'il est possible, en le supprimant complètement par un lavage électrolytique très poussé, d'obtenir un catalyseur à rendement supérieur.

Dans le cas du catalyseur inactif, on constate, par l'analyse thermomagnétique, que l'on a affaire à du sesquioxyde de fer non réduit. On peut penser que la trace de cuivre est nécessaire pour obtenir l'oxyde de fer actif, car la réduction du sesquioxyde de fer pur ne se fait qu'au-dessus de 300°, alors qu'elle se produit dès 250°, en présence de cuivre, température où s'effectue la catalyse que nous étudions.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les variations des températures d'inflammation spontanée des mélanges d'hydrogène et d'air en fonction de la vitesse d'échauffement.* Note de M. **Marcel Prettre**.

Dans de précédentes Notes [1] M. Laffitte et moi avons donné les résultats de déterminations des températures d'inflammation spontanée des mélanges d'hydrogène et d'air sous la pression atmosphérique. La méthode de mesure consistait à introduire *brusquement* les gaz dans un récipient vide et chauffé (méthode du pyromètre). Nous avons montré, en particulier, qu'un mélange s'enflamme à une température plus élevée, lorsque, au moment de son introduction dans le récipient, celui-ci contient une quantité, même très faible, de gaz venant de subir l'oxydation lente.

J'ai pu mettre à nouveau en évidence l'influence des produits de l'oxydation lente au moyen d'un appareil à circulation de gaz combustibles. Un courant régulier de ces gaz est introduit à une vitesse connue dans une chambre de combustion au moyen de tubes de même longueur et de divers diamètres. Un mélange oxhydrique s'enflamme à une température de plus en plus élevée, quand diminue le débit gazeux ou quand augmente le diamètre du tube adducteur. Ceci revient à ralentir la vitesse d'échauffement

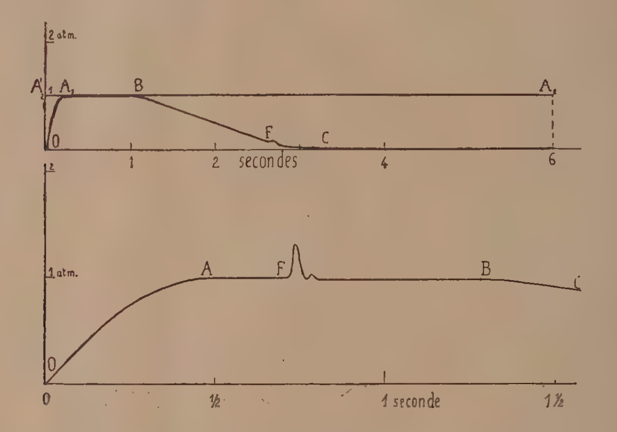
---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 763; 188, 1929, p. 397.

des gaz, donc à rendre plus importantes les transformations du mélange initial durant le chauffage progressif. Ces transformations sont d'ailleurs peu considérables.

Ainsi un mélange à 55,0 pour 100 d'hydrogène et 45,0 pour 100 d'air, introduit au moyen d'un tube de 5^{mm} de diamètre et 10^{cm} de longueur à la vitesse de 4 litres/heure dans un récipient porté à 650°, titre encore 54,6 pour 100 d'hydrogène au moment où il arrive dans le récipient. Dans ces conditions, l'inflammation se produit à 654°; elle a lieu à 628°, si l'on élève le débit à 6 litres/heure; lorsqu'on porte ce débit à 7 litres et qu'on remplace le tube adducteur de 5^{mm} par un tube de 1^{mm}, la réaction explosive se produit dès 550°. Au contraire, avec un débit de 1,5 litre, il n'y a jamais inflammation, même à 800°, quel que soit le diamètre du tube.

Toutefois le même mélange s'enflamme à 480° par introduction brusque



dans un récipient vide. Il était à craindre qu'un écart aussi considérable entre les résultats des deux méthodes ne fût pas uniquement dû à la différence de vitesse d'échauffement des gaz. On pouvait imaginer une inflammation prématurée du mélange, avant que soit terminé le remplissage du récipient, hypothèse faite récemment par M. Tauzin [1]. Des enregistrements de la pression dans ce récipient en fonction du temps m'avaient prouvé, il y a plusieurs années déjà, qu'il n'en était rien. Deux de ces enregistrements, relatifs au mélange : 69,1 pour 100 H^2 et 30,9 pour 100 air, sont reproduits dans la figure. Le tracé supérieur a été obtenu pour une température de 500°, trop basse pour qu'il y ait inflammation de ce mélange très pauvre en oxygène, sauf lors de la vidange (point F) effectuée en aval

(1) M. Tauzin, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1605.

des canalisations de remplissage et qui élimine donc tout d'abord les produits de combustion incomplète pour laisser prédominer finalement les gaz frais des conduites d'amenée. Le tracé inférieur a été enregistré à 506°, il y a inflammation en F, environ 1/4 de seconde *après la fin du remplissage*.

On peut donc conclure que l'inflammation des mélanges oxhydriques à la pression atmosphérique se produit à des températures d'autant plus basses, que l'on évite mieux les réactions d'oxydation durant l'échauffement. Toutes les méthodes comportant un chauffage *très rapide* [méthode du pyromètre, compression adiabatique (1)] provoquent l'inflammation du gaz tonnant dès 450 ou 500°, quelle que soit la pression entre 1 et 12^{atm}. Le chauffage séparé de l'hydrogène et de l'oxygène à une même température, suivi de leur mélange brusque, a permis à Fiesel (2) d'obtenir la réaction explosive du gaz tonnant à des températures voisines de 400° seulement, sous 1^{atm} environ.

Ces résultats semblent en désaccord avec ceux obtenus par Hinshelwood et ses collaborateurs (3), qui ont étudié l'oxydation lente et explosive de l'hydrogène sous des pressions de quelques centimètres de mercure. Ils ont observé un accroissement très rapide de la température d'inflammation en fonction de la pression. Le mélange $2H^2 + O^2$, par exemple, s'enflamme, d'après eux, à 460° sous 1^{cm} et à 570° sous 13^{cm}. Mais les dispositifs expérimentaux de ces auteurs ne leur permettaient d'obtenir la flamme qu'après une période assez longue d'oxydation lente. Si, sous ces pressions, les réactions d'oxydation lente ont une vitesse notable et produisent le même effet que sous 1^{atm}, il est à craindre que les résultats précédents ne soient beaucoup plus élevés que ceux qui seraient obtenus par un chauffage très rapide du gaz tonnant ou, mieux encore, par un chauffage séparé des constituants, suivi d'un brusque mélange. Les variations du point d'inflammation de leur mélange oxhydrique en fonction de la pression seraient alors sans doute beaucoup moins considérables et les résultats sous basse pression ne différeraient pas autant de ceux obtenus sous un ou plusieurs atmosphères.

---

(1) H. B. Dixon, J. Harwood et W. F. Higgins, *Trans. Far. Soc.*, **22**, 1926, p. 267; T. Tizard, *Proc. N. W. Coast Inst. Eng.*, **31**, 1921, p. 381.

(2) H. Fiesel, *Zts, phys. Chem.*, **97**, 1921, p. 158.

(3) C. N. Hinshelwood et collaborateurs, *Proc. Roy. Soc.*, série A, **118**, 1929, p. 170; **122**, 1929, p. 610; **129**, 1930, p. 589; **138**, 1932, p. 311.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures de germanium et les halogénures des éléments trivalents, tétravalents et bivalents.* Note de M. T. KARANTASSIS, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail précédent [1] nous avons étudié les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents. Nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés du germanium et les halogénures des éléments trivalents, tétravalents et bivalents.

Tribromure d'arsenic et iodure de germanium. — Entre ces halogénures la réaction devrait se produire d'après l'équation

$$4\,Br^3As + 3\,I^4Ge \rightarrow 4\,I^3As + 3\,Br^4Ge,$$

qui a été vérifiée comme suit : le mélange des deux substances est un liquide rouge orangé, l'iodure de germanium, étant soluble dans le Br^3As, est chauffé dans un petit ballon à distiller en pyrex, placé dans un bain de nitrates alcalins fondus : pour éviter l'action de l'air et de l'humidité on a opéré dans un courant de CO^2 sec. On a recueilli d'abord la portion qui passe de 183° à 200°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode, qui est du Br^4Ge. Le résidu distillé entre 39°,4-41°,4 est du triiodure d'arsenic pur. On a recueilli $1^g,2$ de I^3As au lieu de $1^g,8$.

La double décomposition peut être considérée comme totale dans les sens de la flèche.

Trichlorure d'arsenic et iodure de germanium. — En opérant comme précédemment selon la réaction

$$4\,Cl^3As + 3\,I^4Ge = 3\,Cl^4Ge + 4\,I^3As,$$

on obtient une portion de tête passant entre 83°-86°,5; c'est du Cl^4Ge. Le résidu ne distille qu'au-dessus de 345° : c'est du I^3As pur. On a recueilli 3^g de I^3As au lieu de $3^g,2$.

La réaction peut donc être considérée comme complète.

Triodure d'arsenic et chlorure de germanium. — Pour savoir si la réaction précédente est réversible, on a fait un essai en faisant agir du I^3As sur Cl^4Ge molécule à molécule. Ces deux corps ne réagissent pas. En chauffant

---

[1] T. KARANTASSIS, *Annales de Chimie*, 10e série, 8, 1927, p. 71.

en tube scellé à 200° pendant 3 heures, 3 molécules de Cl^4Ge et 4 molécules de I^3As on a, après refroidissement, un liquide et une masse solide. La partie liquide, distillée, a donné presque tout le Cl^4Ge employé. La masse solide, composée de I^3As, ne contenait que des traces indosables de germanium.

Trichlorure d'antimoine et iodure de germanium. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction

$$4Cl^3Sb + 3I^4Ge \rightarrow 3Cl^4Ge + 4I^3Sb$$

a lieu dans le sens → et l'on isole par distillation le Cl^4Ge formé. Le résidu est composé de I^3Sb pur. On a recueilli 3g,8 au lieu de 4g.

Pentachlorure d'antimoine et iodure de germanium. — Comme il fallait s'y attendre, on observe une vive réaction des composants : il se dépose de l'iode formé d'après l'équation

$$2Cl^5Sb + I^4Ge \rightarrow 2Cl^3Sb + Cl^4Ge + 2I^2.$$

A douce température, en effet, Cl^5Sb possède une légère tension de dissociation. On aura donc

$$Cl^5Sb \rightleftharpoons Cl^2 + Cl^3Sb.$$

Le chlore libéré réagit sur I^4Ge pour donner

$$2Cl^2 + I^4Ge \rightarrow 2I^2 + Cl^4Ge$$

jusqu'à dissociation complète du pentachlorure. Le trichlorure ainsi formé donne lieu à la double décomposition précédemment étudiée.

Chlorure de bismuth et iodure de germanium. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction

$$4Cl^3Bi + 3I^4Ge \rightarrow 4I^3Bi + 3Cl^4Ge$$

est totale dans le sens de la formation de I^3Bi. Le système inverse I^3Bi et Cl^4Ge ne réagit absolument pas.

Triiodure de phosphore et chlorure de germanium. — La réaction devait être

$$4I^3P + 3Cl^4Ge \rightarrow 3I^4Ge + 4Cl^3P.$$

On l'a vérifiée comme suit : le mélange des substances est chauffé dans un petit ballon à distiller comme précédemment.

On recueille d'abord la portion qui passe entre 76° et 80°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est du Cl^3P.

Le résidu ne distille qu'au-dessus de 350° : c'est du I^4Ge pur.

La réaction est totale dans le sens de la formation de I^4Ge.

Après distillation de ce dernier, il restait au fond du ballon un résidu grisâtre insignifiant composé de phosphore rouge et de sous-oxydes de phosphore.

Tétraiodure de titane et chlorure de germanium. — Si l'on mélange du Cl^4Ge et du I^4Ti, et chauffe légèrement, il se produit une vive réaction. Il se forme I^4Ge et Cl^4Ti. La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^4Ge.

Chlorures métalliques et iodure de germanium. — La double décomposition entre I^4Ge et les chlorures métalliques est complète avec Cl^4Sn; Cl^2Zn; Cl^2Cd; Cl^2Hg; Cl^2Pb. On a isolé le Cl^4Ge et les iodures métalliques formés en quantité théorique. Par contre, et comme vérification des réactions précédentes, on a constaté que les systèmes formés par I^4Ge et les chlorures suivants : Cl^3P; Cl^4Si; Cl^4Ti; Cl^4Zr; Cl^4Th ne subissent aucune réaction de double décomposition.

Cette étude sur les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents et bivalents confirme en général les résultats précédents, sur les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques produits de la combustion lente du benzène.* Note de M. **Jean Amiel.**

L'étude des produits de la combustion lente du benzène condensables à la température ordinaire ou vers — 10°C. a déjà été faite par divers chercheurs, en particulier par Mardles [1] qui a caractérisé la présence de phénol. Je citerai également les expériences de Weiss et Down [2] qui, en présence d'oxyde de vanadium, ont obtenu de la benzoquinone. Mes expériences ont été effectuées dans des conditions un peu différentes et font partie d'un ensemble de recherches sur la combustion lente du benzène.

Dans une Note antérieure [3] j'ai déjà signalé la formation de produits liquides, incolores ou jaunes clairs d'odeur irritante, qui se déposent sur les parois des tubes en pyrex dans lesquels j'avais chauffé un mélange de

---

(1) Mardles, *Trans. Faraday Soc.*, **27**, 1931, p. 681.

(2) Weiss et Down, *J. of Ind. and Eng. Chem.*, **12**, 1920, p. 228.

(3) Amiel, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1122.

composition $C^6H^6 + 15O$. Pour une durée de chauffage de deux heures, d'une demi-heure ou d'un quart d'heure, c'est vers 460°, vers 480° ou vers 490° C. qu'on obtient un rendement optimum. Dans ces gouttelettes j'ai caractérisé la présence de phénol et d'un peu de benzoquinone, l'absence d'aldéhydes et de peroxydes.

Détail des analyses. — Les produits sont dissous dans 1 à $1^{cm^3},5$ d'eau.

Réactif d'Eykmann. — J'ajoute un peu de nitrite d'éthyle dissous dans l'alcool et de l'acide sulfurique concentré; j'observe une coloration rouge caractéristique du phénol.

Réactif de Millon. — J'ajoute un peu du liquide à une solution légèrement acide et chaude de nitrate mercurique; il apparaît une coloration rouge due au phénol. Plugge [1] a montré la grande sensibilité de ce réactif.

Chlorure ferrique. — J'observe une coloration violacée, très pâle, disparaissant dans un excès de réactif.

Réactif de Schiff. — Je n'ai jamais observé de coloration.

Nitrate d'argent ammoniacal. — J'obtiens, à chaud, un précipité noir d'argent; cette réduction est effectuée par le phénol.

Solution neutre d'iodure de potassium. — Je n'observe jamais de mise en liberté d'iode; en agitant vivement avec quelques gouttes de benzène, je ne vois pas celui-ci se colorer.

Solution acide d'iodure de potassium. — J'acidule avec une ou deux gouttes d'acide chlorhydrique par centimètre cube de solution au moment de l'emploi (le réactif ne se conserve pas) et je compare avec un ou deux tubes témoins. J'observe une légère coloration rose du benzène qui rassemble l'iode libéré. C'est une réaction très sensible des quinones.

J'ai essayé de refroidir rapidement les produits de la combustion lente en remplaçant le tube scellé par un tube terminé par un capillaire sortant du four et muni d'un robinet. Les gaz chauds sont rapidement aspirés et traversent un tube à paroi mince refroidi vers — 65° C. La solution obtenue en lavant ce tube à l'eau froide présente les caractères des solutions diluées de phénol, mais ne libère jamais l'iode de l'iodure de potassium. Il y a là une différence très nette avec les résultats obtenus par Mondain-Monval et Quanquin [2] pour le pentane, l'hexane, l'octane, soit que le mécanisme

---

(1) *Zeit. anal. Chem. Fresenius*, **11**, 1872, p. 173.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 299.

d'oxydation du benzène diffère de celui de ces carbures, soit que les peroxydes intermédiaires soient beaucoup plus instables.

Remarque. — J'ai montré précédemment que ces produits ne renfermaient pas plus de 1 pour 100 de l'oxygène introduit. En tenant compte de la masse totale du benzène (25^{mg} en moyenne) et en considérant les trois schémas :

$$C^6H^6 + 15O \rightarrow 6CO^2 + 3H^2O$$
$$C^6H^6 + o \rightarrow C^6H^5OH$$
$$C^6H^6 + 3o \rightarrow C^6H^4O^2 + H^2O$$

on obtient les limites supérieures suivantes : 4^{mg},5 de phénol ou 1^{mg},7 de benzoquinone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réaction du soufre avec les terpènes et l'utilisation de cette réaction pour la préparation d'une solution d'or liquide.* Note [1] de M. **Pierre Boudnikoff**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré [2] qu'il se forme dans l'action du soufre sur les terpènes un sulfure de terpène, $C^{10}H^{16}S$, qui donne avec les sels des métaux lourds des combinaisons complexes, dans lesquelles le métal est directement combiné au soufre. L'addition de CH^3I au produit de la distillation dans le vide des sulfures de terpène donne naissance à un dépôt cristallin très fin, soluble dans l'alcool éthylique et précipitable par addition d'éther. Cette combinaison est le méthylterpène-sulfonium $C^{10}H^{16}S.CH^3I$, qui donne des combinaisons stables avec le chlorure mercurique, l'iodure mercurique et l'iodure arsenic. Les chlorures de la plupart des métaux lourds : or, platine, plomb, cuivre, donnent des dépôts analogues mais difficiles à dissoudre et peu stables, dont l'analyse n'a pu être faite.

Le rendement en iodure de méthylterpène-sulfonium est faible ; il n'est que de 15 pour 100 de la quantité du soufre initial, dans les fractions distillées et au total de 3 pour 100 seulement par rapport à la quantité théorique. On obtient plus facilement le sulfure de terpène par l'action du

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) P. Boudnikoff, *Z. für angew. Chemie*, 92, 1922, p. 653; *Chem. Zentralbl.*, 3e série, 3-4, 1922, p. 235; P. Boudnikoff et E. Schilow, *Deutsche Chem. Ges.*, II.11, 1922, p. 3848; *J. of the amer. cer. Soc.*, 6, IX, 1923, p. 1000; *Rev. Soc. Russe de Physico-Chimie*, 54, 1924, p. 8; P. Boudnikoff, *Ber. d. d. ker. Ges.*, 1931, H.6, p. 279.

chlorure de soufre S^2Cl^3 sur les terpènes. La réaction se produit brusquement au refroidissement, le soufre et le chlore se combinant simultanément avec les terpènes.

En ajoutant une solution alcoolique ou éthérée de chlorure d'or $AuCl^3$ au produit de la réaction, on obtient une huile rouge, épaisse, renfermant les produits chlorurés des terpènes et tenant en dissolution la combinaison de chlorure d'or avec les thio-dérivés du terpène, c'est-à-dire le corps $C^{10}H^{16}S.AuCl^3$.

On obtient un produit plus pur par l'action du sulfure d'azote, Az^4S^4, sur les terpènes [1]. Ce sulfure d'azote est préparé par l'action de l'ammoniac gazeux pur sur les mono et bichlorure de soufre. Les combinaisons $PSCl^3$ et P^2S^5, les polysulfures des métaux alcalins cèdent également leur soufre aux terpènes.

Le sulfure de terpène sert pour la préparation des solutions d'or liquide utilisées dans l'industrie céramique. Pour obtenir ces solutions, on fait bouillir, à 160-170° C. pendant 1 heure et demie, un mélange de térébenthine de Venise avec de la fleur de soufre ou du sulfure d'azote, puis on ajoute au produit de la réaction une solution de chloroaurate de potassium, $KAuCl^4$, dans l'alcool méthylique. On agite le mélange et au bout d'une heure on évapore l'alcool. Le résidu est dissous dans le chloroforme; il est neutralisé avec de la soude et filtré. On verse la liqueur filtrée dans l'alcool méthylique; le résinate d'or précipité est lavé à l'alcool méthylique et séché à 40°. Le résinate ainsi préparé est dissous dans un mélange d'huiles de romarin et de fenouil. On ajoute comme fondant du résinate de rhodium dissous dans l'huile de sassafras (3,5 pour 100 de Rh), de la liqueur de bismuth, de la liqueur de chrome, de l'asphalte assyrien dissous dans le nitrobenzol et enfin une solution de résine dans l'huile de fenouil, qui sert d'épaississant (F. Chemnitius, *Journal für praktische Chemie*, 119, 1928, n°s 7 et 8; *Chem. Zeit.*, n° 88, 1928, p. 857. Voir aussi V. Tischtschenko et Smirnow, *Rev. soviétique de Chimie appliquée*, 3, n° 7, 1930, p. 1041). Une bonne préparation doit contenir de 12 à 16 pour 100 d'or. Le mélange liquide ainsi obtenu de couleur brun foncé est porté au pinceau sur l'objet céramique préalablement émaillé. On dessèche lentement et porte au moufle, où par une cuisson entre 600 et 700° l'or est réduit de ses combinaisons et donne une mince pellicule d'or brillant.

---

(1) Abbeg, *Anorganische Chemie*, 3, 1907, p. 102.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du paraxylène.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. C. Matignon.

On connaît la grande importance que présentent les dérivés chlorés des carbures aromatiques pour les industries organiques, mais tandis que les réactions des dérivés chlorés du benzène, du toluène et même du naphtalène sont assez bien connues, celles des xylènes le sont beaucoup moins; c'est ce qui m'a engagé à entreprendre leur étude. J'ai choisi pour le début les dérivés du paraxylène, d'abord parce que ce carbure est aujourd'hui aisément accessible à l'état pur et ensuite parce que la symétrie de sa constitution, en réduisant le nombre d'isomères, doit en faciliter la séparation.

La chloruration du paraxylène a déjà été entreprise par Kluge (*Ber. d. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 2093) qui, en présence d'iode, a obtenu un mono et un dichloroxylène; il ne donne aucune précision sur son mode opératoire et ne fournit aucune analyse. Willgerodt et Wolfien (*Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, 39, p. 402) opèrent en présence de fer et arrêtent l'action du chlore quand apparaissent les cristaux du dérivé dichloré.

J'ai fait agir le chlore sec sur du paraxylène en présence de 2 pour 100 de limaille de fer et en maintenant la température au voisinage de 10-15°. Afin de limiter autant que possible la réaction au terme monochloré, il est bon d'arrêter l'introduction du chlore quand l'augmentation du poids correspond à une transformation d'environ 60 pour 100. Le produit séparé du fer, lavé, puis soumis à la distillation fractionnée, fournit le *monochloroparaxylène*, liquide incolore, bouillant à 184°, se solidifiant dans la glace et fondant à $+1°,6$; l'analyse a donné : Cl pour 100, 25,40; calculé pour C^8H^9Cl : Cl pour 100, 25,26. Sa densité est $D^4_{15} = 1,0589$.

Le monochloroparaxylène réagit avec l'acide nitrique, soit seul, soit dilué avec l'acide acétique ou l'acide sulfurique pour donner des composés nitrés cristallisés. Je ne décrirai pour le moment que les dérivés mononitrés qui s'obtiennent de la manière suivante :

Dans une partie du dérivé chloré, on fait tomber goutte à goutte en agitant et en refroidissant un mélange sulfonitrique formé de 0,9 partie de NO^3H à 40° Bé et de 3 p. de SO^4H^2 concentré, en restant au voisinage de 0°; quand l'acide est introduit, on laisse revenir lentement à la température ordinaire, puis chauffe à 50° et finalement on refroidit et verse sur la glace. Le produit se sépare en une masse de cristaux baignés d'une huile qu'on élimine par essorage. Les cristaux pressés, lavés, sont purifiés par

cristallisation dans l'alcool d'où ils se déposent en longues aiguilles jaune clair F = 77° bouillant vers 265° à la pression ordinaire en se décomposant légèrement et à 135-136° sous 13mm sans décomposition. L'analyse a fourni les chiffres suivants : Cl = 19,16 %; N = 7,64 %; C = 52,2 %; H = 4,7 % correspondant à $C^8H^8ClNO^2$ qui demande Cl = 19,14 %; N = 7,56 %; C = 51,78 %; H = 4,3 %. Il s'agit donc d'un *mononitrochloroparaxylène ;* comme je le montrerai plus loin sa constitution est celle du *nitro* 2 *chloro* 5 *diméthyl* 1.4-*benzène* (I).

Quant à la partie liquide, elle dépose, quand on la refroidit, des cristaux identiques aux précédents, qui sont séparés, puis elle est soumise à la distillation dans le vide : on en retire un liquide Eb_{13mm} = 127-137° dont l'analyse indique qu'il s'agit d'un dérivé nitré isomère du précédent (Cl = 18,96 pour 100, N = 7,80 pour 100). Il s'en forme environ 30 pour 100. Cependant, même plusieurs fractionnements ne fournissent pas de portion dont les caractères permettent d'affirmer qu'on a affaire à un corps pur.

L'étude de la réduction a permis, au contraire, d'isoler deux amines isomères et d'établir la constitution de l'une d'elles.

La réduction des dérivés nitrés peut être effectuée par l'étain et l'acide chlorhydrique concentré, avec ou sans alcool, ou par le zinc en poudre et l'acide acétique, en milieu aqueux ou hydro-alcoolique, ou encore par le fer en milieu faiblement acide. Le mode opératoire qui peut beaucoup varier consiste, en principe, à éliminer les sels métalliques puis à extraire la base par un dissolvant organique ou par entraînement à la vapeur d'eau, de préférence surchauffée. La réduction du nitrochloroparaxylène solide fournit ainsi une base cristallisée (F = 92-93° et bouillant à 135-136° sous 15mm) dont l'analyse conduit à la formule d'une chloroxylidine $C^8H^{10}NCl$. La seule chloroparaxylidine connue a été obtenue d'abord par Jannasch (*Liebig's Ann.*, 176, 1874, p. 55) dans la réduction du nitroparaxylène par l'étain et l'acide chlorhydrique, puis par Wheeler et Morse (*Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2572) en chlorant l'acétylparaxylidine. Or, les caractères du produit précédent correspondent à ceux de la base décrite par ces auteurs ; d'ailleurs un échantillon, préparé d'après Wheeler, s'est montré identique ainsi que les dérivés acétylés qui fondent à 176°. Parmi les dérivés nouveaux, j'ai préparé le *dérivé benzoylé* (F = 163°) ainsi que le *picrate*, prismes orangés [F = 195° (dec)] qui eux aussi sont identiques. La constitution de cette chloroparaxylidine a été établie par les auteurs américains, comme répondant à la formule (II). Il en résulte que le dérivé nitré

dont elle provient et que j'ai décrit possède la constitution (I) qui a été indiquée plus haut :

CH^3, Cl, NO^2, CH^3 (I). → CH^3, Cl, NH^2, CH^3 (II).

La réduction du nitré liquide conduit dans les mêmes conditions à un mélange d'amines qui, par refroidissement dans la glace, laisse déposer quelques cristaux (F = 93°) identiques avec les précédents; la partie huileuse distillée dans le vide ne montre pas de séparation nette. Par contre celle-ci réussit bien par cristallisation fractionnée des chlorhydrates. Ainsi 1,3 parties d'huile sont dissoutes dans 1 partie HCl concentré et 5 parties d'eau en chauffant et, par un lent refroidissement, il se dépose un chlorhydrate qui, essoré et décomposé par un alcali, fournit une amine cristallisée en aiguilles blanches (F = 40°) et bouillant à 132-133° sous 15^{mm}. L'analyse a donné : C, 61,91 pour 100; H, 6,0 pour 100; Cl, 22,99 pour 100; N, 8,96 pour 100, chiffres qui montrent qu'il s'agit d'une *chloroparaxylidine* isomère. Son dérivé *acétylé* fond à 171°, son dérivé *benzoylé* fond à 177° et *son picrate* cristallise en fines aiguilles jaunes (F = 171-172°, déc.).

Les essais qui sont en cours permettront, sans doute, d'établir la constitution de cette nouvelle base ainsi que celle du nitré dont elle dérive.

GÉOLOGIE. — *La Mission scientifique de l'Omo*. Note de MM. C. **Arambourg** et R. **Jeannel**.

Cette Note a pour but de rendre compte à l'Académie de la mission pour laquelle elle a bien voulu nous accorder son patronage au cours de l'année 1932.

Organisée en collaboration avec le Dr P.-A. Chappuis, sous-directeur de l'Institut de Spéologie de Cluj (Roumanie), cette mission avait reçu l'appui du Ministère de l'Éducation nationale, du Muséum, de l'Institut de Paléontologie humaine, et de quelques autres organismes. Elle avait pour but l'exploration paléontologique de la basse vallée de l'Omo, en Éthiopie méridionale, où Du Bourg de Bòzas et Brumpt avaient, dès 1903, signalé la présence d'importants gisements de Vertébrés fossiles. Elle devait également effectuer l'étude zoologique des régions traversées et particulièrement

celle des hautes montagnes situées au nord de la Colonie anglaise du Kénya.

Partie de France en octobre 1932, la mission se rendit directement à Nairobi, capitale de la Colonie du Kénya, où M. le Gouverneur général Sir Joseph Byrne, ainsi que toutes autorités britanniques, lui réservèrent le plus favorable accueil et lui procurèrent toutes les facilités nécessaires à l'accomplissement de sa tâche.

Après avoir achevé son organisation matérielle, l'expédition partit de Nairobi à la fin de novembre par camions automobiles et gagna Kitale au pied du mont Elgon. Cette localité, qui forme le terminus d'un embranchement du « Kénya and Uganda Railway », est le dernier centre de civilisation dans le nord de la Colonie du Kénya, et a servi de base à notre expédition.

A partir de Kitale, l'itinéraire prévu comportait la traversée des régions du West-Suck, du Turkana et celle des monts Lubur, qui forment la bordure ouest du lac Rodolphe.

Le West-Suck est une région montagneuse dont le sommet culminant, le Sekerr, atteint 3600^{m} d'altitude. C'est une masse essentiellement cristallophyllienne, fortement plissée en direction N-S, et qui est formée d'une série d'arêtes escarpées, parallèles à la direction des plis et séparées par d'étroites et profondes vallées. La partie sud de cette région a fait l'objet, en 1926, d'une étude lithologique de MM. Glenday et Parkinson.

Au nord, les dernières digitations du West-Suck s'abaissent brusquement sur la plaine du Turkana dont l'altitude est comprise entre 600 et 700^{m}. C'est une vaste pénéplaine à substratum cristallophyllien recouvert en transgression par une épaisse série détritique de poudingues et d'arkoses d'âge encore indéterminé; cette plaine s'étend au Nord sur plus de 250^{km} et se poursuit par les régions basses du Soudan anglo-égyptien. Un certain nombre de chaînons montagneux, grossièrement parallèles entre eux et de direction générale N-S, émergent au-dessus de cette plaine. Ils sont formés de roches volcaniques et sont les restes de centres éruptifs anciens, profondément démantelés, dont les soubassements peuvent s'observer en certains points. Les principaux de ces chaînons sont : les monts Lubur qui bordent à l'ouest le fossé du lac Rodolphe, les monts Murueris et les monts Lokwanamur. Des dépots fluviolacustres et éluviens remplissent les dépressions entre les divers chaînons.

Tout ce pays est désertique; les points d'eau sont rares et parfois distants entre eux de plus de 100^{km}; la végétation très clairsemée et steppique : c'est une brousse à Acacias et Euphorbiacées cactiformes.

Au point de vue administratif, le Turkana est une région « close », occupée militairement depuis peu d'années seulement par les forces britanniques; sa frontière Nord est sujette à des troubles fréquents, dus aux incursions des tribus guerrières qui habitent les régions situées au nord du lac Rodolphe.

Après la traversée des monts Lubur, où se trouve le poste militaire britannique de Lokitaung, la Mission atteignit la plaine du Rodolphe et put pénétrer en Abyssinie. Remontant la vallée de l'Omo par sa rive droite, elle rencontra le 30 janvier 1933, à Bourillé, à 60^{km} au nord de la frontière anglo-éthiopienne, les premiers affleurements d'une importante série sédimentaire fluviolacustre, contenant à profusion des ossements de Vertébrés. Ces affleurements se poursuivent, suivant une topographie compliquée et d'un parcours extrêmement difficile, sur une cinquantaine de kilomètres au moins dans le nord et sur une vingtaine à l'ouest de l'Omo. Leur étude détaillée a permis d'en fixer la stratigraphie et d'y recueillir de très abondantes collections paléontologiques. L'un des premiers résultats acquis est la confirmation de la coexistence certaine *dans les mêmes niveaux* et sans remaniement possible, d'un *Dinotherium* et d'un Éléphant du groupe *antiquus*.

En outre la géologie du Turkana a fait l'objet d'une étude d'ensemble et ses grands traits ont été fixés par des levers au 500000e et, pour certaines parties, au 250000e.

Au point de vue géographique, la topographie des confins nord du Rodolphe et de la basse vallée de l'Omo a pu être précisée, ce qui a permis de constater le recul continu du lac d'une cinquantaine de kilomètres vers le sud au cours des trente dernières années.

Entre temps, l'accès de la vallée de l'Omo ayant nécessité une série de reconnaissances préalables et d'assez longs délais, ceux-ci furent utilisés à l'exploration zoologique et botanique du mont Elgon, du Marakwet et du Kinangop. Le principal résultat de ces explorations a été la découverte, dans la faune alpine du mont Elgon, d'une quantité d'éléments d'origine paléarctique qui manquent sur les autres hautes montagnes de l'Afrique Orientale. Ce fait pose un intéressant problème biogéographique, car il indique que des lignées européennes ont pu se répandre à une date relativement récente jusque sous l'Équateur, à travers le Massif Abyssin.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la Stratigraphie de l'Ouest africain (Mauritanie et Soudan).* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

a. Carbonifère de Mauritanie. — En 1911, René Chudeau [1] a signalé dans le bassin de l'oued El Abid (Mauritanie occidentale) un banc de calcaire carbonifère, contenant quelques fossiles : *Poteriocrinus*, *Fenestella*, *Spirifer* du groupe *striatus*, *Chonetes* sp. et *Orthothetes* sp. Dans la même région, M. J. Malavoy a recueilli *Spirifer Verneuili*, affirmant ainsi la présence du Dévonien supérieur [2]. Les fossiles recueillis par Chudeau n'ayant pas une grande valeur stratigraphique, l'existence même du Carbonifère fut mise en doute, au moins en ce qui concerne le bassin de l'oued El Abid.

Reprenant l'étude de nombreux matériaux provenant de l'Ouest africain, j'ai brisé un des blocs de calcaire à *Orthothetes* de la collection Chudeau et j'y ai trouvé des *Productus* et un pygidium de *Phillipsia*. L'étude en plaques minces révèle de nombreux éléments : des *Endothyra* (forme souche des Fusulinidés), tantôt très petites, tantôt relativement grandes et atteignant près de 2^{mm}; des piquants et des plaques de Paléchinides; des Calcisphères de tailles diverses; des fragments de tests de Brachiopodes et de petits Foraminifères.

Le faciès, l'association et l'abondance des éléments permettent de conclure à l'existence en Mauritanie d'un Dinantien tout à fait comparable à celui de France et de Belgique. Une telle similitude de faciès a déjà été observée par M. N. Menchikoff dans des régions plus septentrionales.

b. Série schisto-calcaire du Soudan. — J'ai signalé en 1929, l'existence au Soudan d'une série schisto-calcaire comprenant à la base un conglomérat, puis des grès grossiers, des bancs dolomitiques, des schistes, des phtanites et des jaspes. Cette série repose presque toujours sur le Précambrien redressé et quelquefois sur des grès quartzites. J'ai rapproché cette série du Gothlandien et du Dévonien des régions voisines eu égard à la présence de grès inférieurs. De nouvelles études pétrographiques et tectoniques m'amènent à modifier cette interprétation. Les quartzites inférieurs de la localité-

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, **11**, 1911, p. 413.

(2) J. Malavoy, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 184.

type de Faréna (Soudan) sont recouverts en discordance par le conglomérat et la série schisto-calcaire.

Il faut ranger ces quartzites dans le Précambrien. Je considère donc le conglomérat et la série schisto-calcaire comme constituant la *base* de la série des grès horizontaux siluriens et l'équivalent des dolomies de base des régions voisines. Je signale, dès maintenant, la grande analogie de faciès et de constitution du conglomérat du Soudan et du conglomérat de la N'Gounié (Gabon), lequel constitue le soubassement de la série dolomitique du Kundelungou inférieur.

Conclusions. — *a.* Les calcaires supérieurs de l'Adrar mauritanien sont d'âge dinantien. Ils sont caractérisés par l'association de *Phillipsia*, d'*Endothyra* et de fragments de Paléchinides, en grand nombre.

b. Les falaises de l'Adrar montrent une série assez complète : dolomies à *Collenia* (Chudeau, Hubert et Menchikoff), des grès siluro-dévoniens, des calcaires représentant le Dévonien supérieur et le Dinantien.

c. La série schisto-calcaire du Soudan constitue la base de la série des « Grès horizontaux » siluro-dévoniens.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des vieux poudingues de la Durance et de la Crau.* Note de M. G. **Denizot**, présentée par M. L. Cayeux.

La vallée de la Durance présente, en dessous de Sisteron, de gros amas de galets, souvent impressionnés, composés essentiellement de calcaires empruntés à l'ensemble du bassin ; ces formations étaient données pour du Pliocène, alors que ce terme n'avait pas de sens précis. Desor, puis Kilian ([1]) les relièrent au Miocène, par l'intermédiaire de l'horizon à Mammifères pontiens décrit par Gaudry : on admit dès lors l'âge miocène supérieur, et cette attribution figure sur la Carte géologique détaillée de la France.

Autour de Pertuis, l'examen des lieux, représentés par les contours de Depéret sur la Feuille de Forcalquier, montre une complète discordance. A Villelaure, le poudingue repose, avec une apparence ravinante, sur 80^{m} de calcaire lacustre avec limons pontiens. Au nord-est, tranchant tout ce lacustre, il vient reposer sur la Marne de Cabrières, puis la Molasse de Cucuron (Tortonien), enfin autour de Martialis sur l'Helvétien en

([1]) W. Kilian, *Montagne de Lure*, 1889. Voir p. 325.

complète discordance. Ce lieu correspond au passage d'un petit anticlinal ([1]), qui est rasé par l'assise caillouteuse. Celle-ci se transforme d'ailleurs au delà en conglomérat à éléments locaux, dont Gaudry avait admis la discordance sur le limon pontien.

A Valensole et aux Mées, la composition est la même qu'à Villelaure. Les couches superposées au Miocène marin sont très épaisses, elles font 4 et 500^m et comprennent en réalité deux assises distinctes. La première montre des calcaires lacustres et limons argileux comme à Cucuron, avec les mêmes Mammifères à Gréoulx. Par-dessus, et la limite est tranchée en cette localité, se développent les poudingues coupés encore de limons. Postérieurs au Pontien caractérisé, ces poudingues auraient pu être présumés pliocènes.

Deux anciennes découvertes paléontologiques confirment cette présomption. On a signalé à Moustier-Sainte-Marie un Mammifère pliocène, *Mastodon Borsoni*. Et en pleine extension de poudingue, à Mauroue près Puymoisson, on a recueilli *Elephas meridionalis*, forme archaïque du Pliocène récent ([2]). Ces trouvailles, qui ont surpris, sont au contraire à leur place.

On a donné, comme argument pour le rattachement intégral au Miocène supérieur, le redressement contre les chaînons secondaires de Moustier-Sainte-Marie. Mais ce redressement n'affecte pas le poudingue; il intéresse l'assise inférieure limoneuse, coupée de ce côté par des bancs de conglomérats formés de roches locales et peu roulées.

Les poudingues sont peut-être en certains points continus, mais plus souvent discordants sur le véritable Miocène supérieur; ils sont consécutifs aux derniers mouvements alpins qui ont affecté tout le Miocène : ils doivent être attribués au Pliocène. Ainsi s'établit, pour tout le sud-est de la France, la prédominance du remblaiement caillouteux au Pliocène récent. Nulle part ailleurs, on n'y connaissait rien de comparable à la fin du Miocène, et la différence d'âge admise entre le principal remblaiement de la Durance et ceux du reste du bassin du Rhône était difficile à concevoir.

Le même poudingue se prolonge à gauche de la vallée, sur la bordure de la Crau devant les Alpilles. De Lamanon à Arles, on suit une surface cou-

---

([1]) J. SAVORNIN, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 3, 1903, p. 40. Les dessins donnés par l'auteur établissent, à son insu, l'indépendance des deux parties de Pontien; J. GOGUEL, *Bull. Carte géol. Fr.*, n° 186, 1932, p. 1.

([2]) C. DEPÉRET et L. MAYET, *Ann. Univ. Lyon*, fasc. 42, 1923, p. 147.

verte de quartzites rhodaniens, qui plonge sous la Crau de Miramas à variolites, de formation bien plus jeune. Sous ces quartzites, on distingue le poudingue de calcaires, parfois impressionnés, conforme aux précédents avec mêmes intercalations sableuses et argileuses. Fontannes [1] a montré la superposition de cet ensemble au Pliocène marin à l'ouest d'Eyguières.

Par endroits, ce poudingue repose sur un banc argileux rougeâtre avec places vaguement travertineuses, par exemple à Mouriès; banc que l'on peut comparer à la couche pontienne. Mais à Barbégal, l'argile est au-dessus du poudingue; devant Arles elle est interstratifiée. Argile et poudingue sont inséparables, et l'observation de Fontannes les met tous deux au-dessus du Pliocène marin, et non avant.

Ils reparaissent en pleine Crau, au bord de l'Étang d'Entressen où l'argile subhorizontale est sous les vieux poudingues : elle est complètement discordante avec la Molasse marine, dont les bancs ressortent en contre-haut vers le Luquier, inclinés jusqu'à 30° au Nord-Ouest. Or partout dans la région étudiée ici, comme l'ont affirmé Desor, Gaudry, Kilian, Collot et bien d'autres, le Miocène supérieur lacustre est concordant et continu sur le Miocène moyen marin; alors même que certains termes, comme le Tortonien à l'est de Saint-Cannat, n'auraient pu être caractérisés. On a bien cité une discordance vers Lambesc [2] : maisil s'agit, à la Chapusse, d'apparences dues à la terminaison périclinale de l'accident des Birons, et à la stratification entre-croisée du terme marin. Partout en réalité, les deux parties du Miocène local sont absolument solidaires, affectées des mêmes déformations.

Les grands transports antéquaternaires de la Durance doivent donc être attribués au Pliocène, en discordance générale sur les faciès continentaux terminant le Miocène. Ces transports se sont répandus, par-dessus le Pliocène marin, sur l'emplacement de la Crau.

---

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **12**, 1884, p. 403. J. Repelin a retrouvé ce Pliocène en pleine Crau (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 236; et *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, **30**, 1930, p. 971).

(2) J. Combaluzier, *Bull. Carte géol. Fr.*, n° **182**, 1932, p. 52 et 67.

GÉOLOGIE. — *Le Portlandien du Cap Leslie dans le Scoresby Sund (Groenland).* Note de MM. **Maurice Parat** et **Pierre Drach**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours de la dernière croisière du Commandant Charcot au Groenland (juillet-août 1932), le « Pourquoi-Pas ? » s'est rendu dans le fond du Scoresby Sund, sur la côte Sud-Est du Milne Land. Le Professeur Lauge Koch nous avait indiqué là, vers le Cap Leslie, une formation jurassique, découverte et brièvement décrite par A. Rosenkrantz [1] et attribuée au Portlandien. Des fossiles de cet étage ont déja été recueillis au Groenland, sur la terre de Jameson, dans l'île Kuhn et dans l'Antarctic Harbour [2]; mais la région du Cap Leslie paraît privilégiée en ce qui concerne leur abondance et leur état de conservation. Nos observations préliminaires sur une falaise d'environ 225^m de haut y reconnaissent les niveaux suivants, sensiblement horizontaux et reposant, à 70^m au-dessus du niveau de la mer, sur une assise argileuse renfermant des *Perisphinctes* et des Bivalves encore indéterminés :

E (de 225^m à 150^m d'altitude). — Grès micacé ou conglomérats coquilliers, rougeâtres et ferrugineux au sommet, gris verdâtre, glauconieux à la base, avec *Perisphinctes bononiensis* Lor. (= *Leucopetrites leucus* Buckm.), *Cylindroteuthis mosquensis* Pavl., *Cyl. russiensis* d'Orb., *Aucella mosquensis* Keys., *Pleuromya* sp., *Mytilus* sp., *Ostrea* sp., *Trigonia gibbosa* Sow., *Astarte Sæmanni* Lor., nombreuses Lingules et bois fossile.

D (de 150 à 130^m). — Grès calcareux, micacé, très glauconieux et ferrugineux, avec *Hoplites rjasanensis* Nik. et *subrjasanensis* Nik., *Aucella trigonoides* Lahusen, *Cylindroteuthis* (*Pachyteuthis*) *explanatoides* Pavl. et nombreuses Lingules.

C (de 130 à 100^m). — 3. Calcaires micacés et légèrement glauconieux avec *Perisphinctes Pallasianus* d'Orb. (= *Holcosphinctes pallasioides* Neaverson), *Aucella trigonoides* Lahusen, *Lingula* sp.

2. Argiles et calcaires micacés avec *Perisphinctes* (*Pallasiceras*) *rotundus* Sow., *Per.* (*Lydistratites*) *gibbosus* Buckm., *Per.* aff. *triplex* W. H. Smyth (cf. *Lydistratites biformis* Buckm. stade virgaté, DCV de Buckm.), *Ostraea expansa* Sow., *Perna* aff. *Bourchardi* Opp., *Pinna Constantini* Lor., *Cylindroteuthis magnificus* d'Orb., *Cyl.* (*Aulacoteuthis*) *absolutus* Fisch. non d'Orb.

1. Argiles et calcaires micacés plus ou moins phosphatés, à nodules fossilifères, avec

---

(1) A. Rosenkrantz, *Meddelelser om Grönland*, 73, 1929, p. 147.

(2) Lauge Koch, *Meddelelser om Grönland*, 73, 1929, p. 1-201.

Perisphinctes (*Wheatleyites*) *Pringlei* Pruvost, *Ostraea expansa* Sow., *Perna* sp., *Pholadomya Protei* Defr.

B (de 100 à 90m). — 2. Grès rougeâtres et argiles micacées, avec *Perisphinctes* aff. *pectinatus* Phill., *Per. Panderi* d'Orb., *Per.* (*Lydistratites*) *lyditicus* Buckm.

1. Grès bleuâtres, feuilletés, micacés, avec *Perisphinctes Bleicheri* Lor., *Per.* aff. *pectinatus* Phill., *Terebratula* aff. *insignis* Schübler, *Waldheimia* cf. *bononiensis* Sauvage.

A (de 90 à 70m). — Argiles rouges micacées, ferrugineuses, avec *Perisphinctes* (*Virgatosphinctoides*) *Wheatleyensis* Neaverson, *Per.* (*Allovirgatites*) *Woodwardi* Neaverson.

La succession de ces niveaux rappelle la partie supérieure du Kimmeridge Clay dans les comtés de York, d'Oxford et de Buckingham, et celle que les Français ont dénommée Portlandien dans le Boulonnais. Elle ne correspond pas, il est vrai, en ce qui concerne la Grande-Bretagne, à la classification de Salfeld (1); mais elle se rapproche nettement de celle plus récente de Neaverson (2); on trouve également de nombreuses ressemblances avec la coupe de Pruvost (3) dans le Boulonnais. C'est ainsi que le niveau A du cap Leslie rappelle la Wheatleyensis-Zone de Neaverson et supporte, comme cette dernière, une Pectinatus-Zone, correspondant elle-même à notre zone B_1. Notre zone C_1 coïncide avec le niveau phosphaté de la Rochette (Boulonnais). Nos couches C_2 et C_3 ont une affinité remarquable avec la Rotundum-Zone et la Pallasioides-Zone britanniques, tandis que leur faune de Lamellibranches est identique à celle des couches 5 et 6 (Pruvost) du Boulonnais. Enfin, la zone E du cap Leslie paraît très proche des couches 7, 8 et 9 du Boulonnais.

Notre zone A représente donc le Portlandien inférieur; les zones B et C, le Portlandien moyen et les zones D et E, la base du Portlandien supérieur.

L'un des caractères les plus remarquables de la série du cap Leslie est le mélange d'une faune bien connue en Europe occidentale avec des éléments typiques du faciès volgien russe, tels que *Aucella* (C_3, D et E), *Cylindroteuthis* (C_2, D et E) et *Perisphinctes Panderi* (B_2), ainsi que des repré-

(1) Salfeld, *Quart. Journ. of Geol. Soc.*, 69, 1913, p. 423-432; et *Neues Jahrb.*, 37, Beilage Bd, 1914, p. 125-246.

(2) Neaverson, *Papers from the Geol. Dept of the University Liverpool*, 1925, p. 1 à 52.

(3) Pruvost, *Ann. de la Soc. géol. du N.*, 49, 1925, p. 187-215.

sentants (D) de l'horizon russe de Rjasan. Ce mélange de faunes plaide en faveur des idées de Pavlow, Lamplugh et E. Haug sur l'origine boréale et la parenté des faunes russes, britanniques et boulonnaises, que tendent à abandonner les auteurs anglais plus récents. Par contre, l'absence au Groenland des *Virgatites* si communs en Russie, absence déjà notée par Rosenkrantz, paraît s'expliquer à la lumière des idées de Michalski et de H. Douvillé sur l'origine méridionale et non boréale de ces Ammonites.

GÉOLOGIE. — *Sur le Djebel Sagho* (*Maroc saharien*). Note de MM. **L. Clariond** et **H. Termier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le massif du Sagho (Sagho et Dj. Ougnat) est limité au Nord par la vallée du Dadès et du Todra, à l'Est par le Tafilalet, au Sud par les plaines de Tazzarine et de Necissi; il se prolonge, au delà de la vallée du Draa, par l'Anti-Atlas. Les explorations de l'un de nous (L. C.), complétées par l'étude des matériaux recueillis (H. T.), permettent de préciser quelques-uns des caractères de cette importante unité géographique.

Stratigraphie. — *Précambrien.* — Nous y rapportons des schistes noirs, sans trace de métamorphisme, associés à des roches microgrenues (Sud du Ioghane), à des granites bleus à biotite (entre le Ioghane et le Dj. Ifratène et région axiale du Sagho), à des granites calco-alcalins à amphibole (Oulousir), enfin à des quartzites enclavés dans le granite.

Cambrien inférieur. — Cette série, discordante sur la précédente à Ouine-Oufrouk, comprend : *a*, une barre horizontale de conglomérats atteignant 50^{m} d'épaisseur; *b*, une importante coulée de rhyolite; *c*, des grès blancs ou roses avec lits de conglomérats vers la base; *d*, un horizon de schistes verts (25 à 30^{m}) à minces lentilles calcaires, riche en Lingules et Trilobites du groupe *Strenuella-Micmacca*, ce qui rend fort probable l'âge géorgien de l'ensemble [1]. Les termes *a*, *b* et *c* ont une épaisseur très variable, les deux premiers pouvant disparaître : au Sud de Tizi Izzem, les grès *c* ont 200^{m} de puissance et reposent sur le Précambrien; à l'Ouest apparaissent successivement les rhyolites *b* et les conglomérats *a*.

Dans le Sagho, les rhyolites *b* constituent la ligne de crête de l'Amalou Mansour; elles reposent directement sur les granites, ou bien sont séparées des schistes précambriens par les conglomérats *a* (Aqqa N'Oullili).

Les falaises de rhyolites et de grès sont orientées Est-Ouest entre l'Amalou Mansour et l'Aqqa Tazelaft, puis obliquent vers le Nord, dominant une vaste cuvette, dite

(1) Cet étage a été découvert avant nous par notre collègue, M. Bondon, dans l'Anti-Atlas.

de l'Imsadène, ou encore Massif des aiguilles en raison de sa topographie très tourmentée. Les roches volcaniques cambriennes et les roches grenues du substratum sont découpées en de multiples arêtes dentelées ou en aiguilles aux flancs lisses et abrupts. Le Bou Gafer et le Dj. Oulousir en sont les massifs les plus typiques. Une coupe au Nord-Est de la cuvette de l'Imsadène sur le parallèle du Tizi Boujou traverse les trois termes principaux du Cambrien de l'Ougnat *b*, *c* (ici épais de 3 à 400^{m}) et *d* (au col même).

Cambro-silurien. — Des grès blancs avec quelques intercalations de schistes ou de grès verts apparaissent au-dessus des schistes « géorgiens »; leur épaisseur peut être évaluée à 1500^{m} sur le méridien de Khellil. Dans cette série nous n'avons rencontré que trois horizons fossilifères : *e*, des grès ferrugineux micacés à *Discina*, *Obolus* (?), *Spirifer*, *Orthis*, Gastéropodes, Bryozoaires, Polypiers (?) et encrines, qu'au Sud de Tindjdad, il faut situer à 500^{m} des grès géorgiens; *f*, des grès calcareux à Lamellibranches de grande taille; *g*, des grès verts à lentilles calcaires renfermant *Orthis*, Gastéropodes, Polypiers, encrines (butte de Tinjad). Le Gothlandien certain (*h*) forme une bande étroite suivie par le cours de l'O. Todra. Il comprend des schistes ampéliteux à *Monograptus*, renfermant des nodules de calcaire noir à *Orthoceras* et *Ceratiocaris* (?), puis des schistes à nodules gréseux à *Monograptus* cf. *priodon* Bronn. et *Orthoceras* (Khellil). Les horizons *e* et *f* sont certainement siluriens; le Cambrien moyen et supérieur, s'il existe, ne peut donc avoir plus de 500^{m} de puissance.

Dévonien. — A Tindjdad, un niveau très épais de calcaires compacts bleutés (*i*) nous a fourni à la base : *Anarcestes* gr. de *subnautilinus* Sch., *A.* gr. de *lateseptatus* Beyr., *A.* aff. *neglectus* Barr., *Nautilus*, *Orthoceras*, *Phacops*, *Panenca*, association caractéristique de l'*Eifélien* au Maroc. Entre ces calcaires (rive gauche) et les grès de la série précédente (rive droite) coule le Ferkla, mais, dans le lit de l'oued, il n'y a place que pour le Gothlandien et l'absence du Dévonien inférieur paraît certaine.

Les affleurements de Givétien (*j*) sont à chercher, car des blocs à Polypiers de cet étage existent, à peine roulés, dans les conglomérats dinantiens du Khellil.

Carbonifère. — Le Viséen (*k*) n'a été reconnu qu'à Khellil, où il est représenté par des poudingues, des quartzites, des schistes verts ou rougeâtres et des calcaires gris à patine noire qui nous ont fourni : *Productus* cf. *semireticulatus* Martin, *Spirifer bisulcatus* Sow., *Orthotetes crenistria* Phil., *Athyris*, *Euomphalus*, Lamellibranches divers, encrines. Cet étage repose là directement sur les schistes gothlandiens ou sur les calcaires dévoniens réduits à une pellicule. Plus au Nord, le Dj. Tisdafine est constitué par des grès, des schistes et quelques intercalations calcaires ayant même pendage que le Viséen. Il s'agit probablement de termes supérieurs à l'horizon fossilifère *k*. Dès lors le Houiller peut exister entre Khellil et Ifer.

Crétacé moyen. — Le Cénomanien à *Exogyra flabellata*, horizontal et discordant sur le Primaire, s'avance jusqu'à la ligne Goulmina–Tinghir.

Tectonique. — Le Sagho et l'Ougnat font partie d'un même anticlinal Est–Ouest, ayant affecté tout le Paléozoïque, du Cambrien inférieur au Viséen. L'érosion y a découpé deux massifs précambriens, entre lesquels a subsisté un lambeau de grès « géorgiens » qui montre l'allure très calme du plissement : en effet, au Nord et au Sud du massif, les pendages n'excèdent pas 20° et, dans la partie axiale, les couches primaires sont horizontales sur près de 10^{km}.

Conclusions. — Nos observations indiquent en définitive : 1° une série monotone allant du Géorgien probable au Gothlandien ; 2° une lacune à la base du Dévonien ; 3° la transgression du Viséen sur le massif ancien ; 4° l'âge hercynien des mouvements, puisque le Carbonifère est plissé et que le Cénomanien de bordure est resté sensiblement horizontal. *Ainsi se trouve précisé l'âge de la grande chaîne du Sud marocain* (*Sagho-Anti-Atlas*).

HYDROLOGIE. — *Les hauteurs de crue de la Seine au pont d'Austerlitz.* Note de M. V. **Frolow**, présentée par M. d'Ocagne.

La suite des cotes maxima annuelles de la Seine au Pont d'Austerlitz fut soumise aux calculs suivant la méthode de M. H. Labrouste ([1]). Cette étude permet d'établir les points ci-dessous :

1° L'existence de la période undécennale et de son harmonique de $5^a,5$ environ se dégage avec netteté. La composante de 11^a a un retard de $4^a,5$ environ sur la composante correspondante des taches solaires donnée par M. et Mme H. Labrouste ([2]). La composante de $5^a,5$ a, par rapport aux taches solaires, une différence de phase variable. Elle fut en phase entre 1912 et 1920.

2° Une variation correspondant à la période de 22 à 23 ans, indiquée par M. et Mme H. Labrouste pour les taches solaires et que nous avons constaté pour le Nil ([3]), semble exister aussi pour la Seine.

3° L'amplitude des composantes de 11^a et de $5^a,5$ est, pour la Seine, variable. Pendant l'intervalle de temps considéré elle a atteint respectivement 22,6 pour 100 et 23,8 pour 100 de l'amplitude des plus hautes eaux annuelles. La composante de 22^a paraît avoir une amplitude comparable.

4° Par soustraction des composantes de 22^a, 11^a et $5^a,5$ du graphique des cotes maxima observées, est obtenu un graphique résiduel, qui met en évidence la résultante des périodes plus courtes que $5^a,5$. Cette dernière indique la probabilité de l'existence d'une période de 3 à 4 ans. Il apparaît aussi que l'amplitude de la résultante des périodes courtes atteint $4^m,75$. Les effets de ces variations sont donc très sensibles. Comme la crue

---

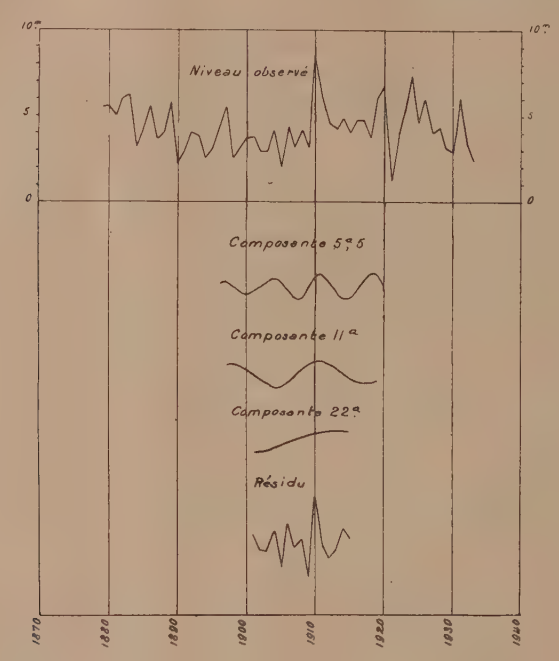
([1]) *Ann. Inst. Physique du Globe Univ. Paris*, 7, 1929, p. 190, et 9, 1931, p. 99.

([2]) *Communication au* 66e *Congrès des Sociétés savantes.* Toulouse, avril 1933.

([3]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 671.

minimum pendant le temps considéré a coté 2^{m}, les variations de courte période peuvent déterminer de fortes crues s'élevant à $6^{m},75$ au pont d'Austerlitz. Cette cote doit être considérée comme limite des crues fréquentes. On voit aussi que l'arrivée des crues extraordinaires ou désastreuses demande le concours d'autres circonstances.

5° L'amplitude de la résultante des variations lentes est importante. Le



Niveau maximum annuel de la Seine au pont d'Austerlitz.

graphique des cotes observées indique que son amplitude intéresse pour le moins 1^{m} de l'échelle.

6° La crue désastreuse de 1910 s'est produite au moment où les maxima des composantes de 11^{a} et de $5^{a},5$ ont coïncidé avec celui des courtes périodes. La composante de 22^{a} fut à ce moment aux environs du maximum et la résultante des composantes de longues périodes atteignait ses valeurs moyennes. En 1924, la Seine a eu une crue dépassant la cote limite des crues fortes et fréquentes. A ce moment un maximum des courtes périodes coïncidait avec des valeurs proches du maximum des composantes de 11^{a} et de $5^{a},5$, ainsi que de la résultante des longues périodes. La composante

de 22ª était par contre à son minimum, ce qui différencie la crue 1924 de la crue 1910 et doit être rapprochée de la cote plus faible en 1924.

7° La reproduction approximative des circonstances de 1910 est probable aux environs de 1962 seulement. Il y a aussi aux environs de 1939 une certaine probabilité d'une forte crue, mais, d'autre part, un minimum triennal des courtes périodes est probable la même année.

8° Une extrapolation des graphiques donne une vérification *a posteriori* de l'importance des coïncidences des valeurs fortes des composantes simples. En effet, les fortes crues de la deuxième moitié du siècle dernier se produisirent lors de ces coïncidences.

9° Il semble, en résumé, que le phénomène des plus fortes cotes annuelles de la Seine, à Paris, peut se concevoir comme résultat d'interférence de plusieurs composantes périodiques. On peut aussi désigner une limite inférieure des crues exceptionnelles et les distinguer des crues fréquentes comme étant dues à la coïncidence des valeurs fortes de plusieurs composantes, dont obligatoirement un maximum de composantes rapides.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'origine des amas d'huîtres des Chauds à Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée).* Note (¹) de M. **Étienne Patte**, présentée par M. H. Douvillé.

Curiosité signalée, dès 1562, par La Popellinière, les buttes d'huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm, artificielles pour les uns, naturelles pour d'autres, ont été l'objet de controverses (²); naturalistes ont été aussi divisés qu'archéologues. De Quatrefages a signalé dans la masse des huîtres, un anneau

(¹) Séance du 12 juin 1933.

(²) D'Orbigny, *Cours élém. Paléontologie et Géologie*, **2**, 1851, p. 831-832; Mairand, *Congr. scient. France*, 1856; Aucapitaine et Fischer, *Journ. conchyliologie*, **11**, 1863, p. 389-393; Delesse, *Lithologie du fond des mers;* de Caumont, *Bull. Soc. sciences et arts Sarthe*, 2ᵉ série, **10**, 1865-1866, p. 156; Boutillier, *Bull. Soc. amis Sciences natur. Rouen*, 1875 (extrait); Deslongchamps, *Ann. Soc. linn. Normandie*, 3ᵉ série, **10**, 1886; A. de Lapparent, *Traité Géologie*, 1906, p. 581; Begouen, *L'Anthropologie*, **43**, 1913, p. 208; *La Nature*, **41**, 14 mai 1913, p. 356; Welsch, *Bull. Serv. Carte géol. France*, **137**, 1919, p. 56-57; Dubois, *Recherches sur les terrains quaternaires du nord de la France*, Thèse-Lille, 1924; Begouen, *Rev. anthrop.*, **34**, 1924, p. 360; Gambier et Robuchon, *Rev. du Bas-Poitou*, **42**, 1929. Pour la bibliographie, voir *Bull. Soc. Scienc. natur. Ouest*, **9**, 1909, p. 23; Baudouin, *Soc. préhist. franç.*, **13**, 1916, p. 620.

et des monnaies; ces arguments eurent peu de poids en leur temps. Begouen (1924), Gambier (1929) ont vu de la poterie vernissée, des clefs et couteaux de fer, des monnaies du XIIIe siècle, mais la situation n'en est pas précisée ou discutable. Après Baudouin et Bégouen, j'ai constaté, sur des coquilles, des traces d'intervention humaine : l'intérieur de la valve gauche montre une blessure allongée, étroite, correspondant à l'introduction d'une pointe très inclinée. Les preuves géologiques sont aussi formelles.

Dans les coupes, la masse paraît stratifiée; mais les kjökkenmöddings (Danemark, Annam...) offrent cet aspect; il n'y a pas eu sédimentation, il y a des lacunes entre les coquilles et peu de matière meuble dans ces interstices; de plus, dans la masse, de vrais *sols* sont formés de coquilles pulvérisées; hors d'eux, il est difficile de prélever des échantillons de matière meuble. Les huîtres sont en tous sens, sur la valve gauche, sur la droite, de champ. Il n'y a pas de bancs d'huîtres soudées entre elles. Sur les rares blocs de pierre, il n'y a pas d'huîtres fixées comme cela serait, si elles avaient vécu ici. Bien qu'il y en ait d'isolées ou d'un peu baillantes, les deux valves sont le plus souvent jointives. Dans ce cas, l'intérieur vide ne renferme soit qu'une pellicule de vase, soit des Balanes, des Bryozoaires ou de jeunes Huîtres; si les coquilles étaient en place, ceci serait général. Les valves jointes s'observent en masse dans les vrais kjökkenmöddings, comme en Annam (Da But, Tam Toa). Cette disposition est compatible avec l'origine artificielle des buttes.

Les *Ostraea edulis*, à eux seuls, forment la masse; j'ai trouvé de rares *Mytilus edulis*, *Modiola barbata* et *Cardium edule*, avec valves le plus souvent jointes : *Chlamys varia*, *Anomia ephippium*, *Nassa reticulata*, *Murex erinaceus*. On a cité : *Modiola albicosta*, *Scrobicularia compressa*, *Mactra subtruncata*, *Natica catena*, *Buccinum undatum*, *Littorina littorea*, *Calliostoma conoïdes*. Bien que plusieurs espèces vivent plutôt dans le sable, cette réunion serait biologiquement possible : *Modiola barbata*, fouisseur surtout, peut se fixer sur les grosses coquilles; *Anomia ephippium* et *Murex erinaceus* causent des dégâts dans les bancs d'huîtres. Mais le pourcentage infime de ces formes n'est pas naturel.

Très typique est le cas du *Cardium edule* toujours si abondant là où il vit; il n'était pas signalé et je n'en ai vu que deux cas. L'un fournit, de plus, un *argument décisif;* trouvé dans une couche d'huîtres sans sédiment meuble, il en est complètement rempli. Ce serait inexplicable dans un dépôt naturel. Ce *Cardium* n'a pu qu'être ramassé ainsi et amené avec les huîtres. Dans la matière meuble, après dessiccation, les prismes de calcite des coquilles dissociées masquent presque tout; il faut décalcifier; voici le résultat :

I (prélevé dans une masse d'huîtres), vrai feutrage de spicules de Monactinellidés (*Halichondria?*, ni *Spongilla*, ni *Clionia*), quartz en esquilles limpides ou en poussières informes de moins de $0^{mm},43$; granules opaques de minéraux de moins de $1/4\,\mu$ agrégés; un peu de muscovite, des Diatomées marines : *Actinoptychus splendens*, *A. undulatus*, *A. vulgaris*, *Coscinodiscus Kützingii*, *C. oculus viridis*, *Grammatophora serpentina*, *Rhabdonema arcuatum*, *Triceratium arcticum*; un Radiolaire (*Cyrtidae*). — II (dans une masse d'huîtres), quartz en esquilles limpides et en poussières de 0 à $0^{mm},3$, granules de minéraux agrégés; zircon; rares spicules (Monactinellidés différents : tylostyle de *Cliona celata*), rares *Actinoptychus*, etc., Radiolaire. — III (dans une masse d'huîtres), quartz en esquilles et en poussières de 0 à $0^{mm},7$; beaucoup de muscovite, granules de minéraux agrégés; Diatomées : *Actinoptychus undulatus*, *A. vulgaris*, *Aulacodiscus sculptus*, *Cerataulus Smithii*, *Coscinodiscus oculus viridis*, *Cyclotella sp.* — IV (sol de coquilles pulvérisées), quartz souvent à rutile, en poussière ou translucide en esquilles, à part de très rares grains; granules de minéraux agrégés de 0 à $0^{mm},5$; muscovite, etc.; rares spicules simples ou à plusieurs branches. — I et III ont donné encore des *Achnantes*, *Actinocyclus*, *Auliscus*, *Biddulphia*, *Melosira*, *Navicula*. Ce sont donc des sables fins, vaseux, d'origine marine, mais sans aucun calibrage et paraissant remaniés. C'est un mélange de sables marins calibrés, dû au lessivage des huîtres. Comme comparaison : un sable à grains de même faciès (côte de Noirmoutier à mer basse) diffère par le calibrage ($0^{mm},07$ à $0^{mm},46$); par contre, le lessivage d'huîtres actuelles m'a donné un produit formé de grains de même taille et aussi peu calibrés (0 à $0^{mm},48$) qu'aux Chauds; celui-ci contient des formes communes : *Navicula sp.*, *Surirella sp.*, *Coscinodiscus oculus viridis*, mais il diffère par son origine (Marennes), à d'autres points de vue (plus grande abondance de quartz arrondis et dépolis, et de poussières).

La forme des buttes rappelle les tells archéologiques d'Orient, non les reliefs naturels; ceci est confirmé par l'allure de la couche (échantillon III) qui, dans l'ensemble, horizontale, s'inclinait de 10° près du bord. Quel est l'âge de ces monuments? Leur fond est au-dessus du niveau marin et du bri flandrien (âges du Cuivre et du Bronze); de Quatrefages a signalé des monnaies de Charles Martel qui viennent au moins du sommet. Sont-ce des débris de cuisine? C'est peu vraisemblable; on ne trouve pas avec certitude de poterie, les os de Mammifères sont rares ou absents. L'origine est-elle rituelle comme l'ont suggéré Baudouin et S. Reinach? Les mounds nord-américains sont aussi volumineux [1].

---

[1] Haute de 8 à 9^{m}, la masse des huîtres, évaluée à 500000 ou 700000^{m^3}, est exploitée avec une vitesse extrême.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine de la monocotylie chez la Ficaire.* Note de M. P. **Bugnon**, présentée par M. L. Mangin.

Hubert Winkler a décrit [1] quelques plantules de Ficaire (*Ranunculus Ficaria* L.) ayant deux cotylédons opposés, semblables chacun à l'unique cotylédon habituel : ces plantules dicotylées anormales représenteraient pour l'espèce le type originel, réalisé par retour atavique ; elles fourniraient la preuve décisive contre la valeur double attribuée au cotylédon unique normal par les partisans de la théorie de la syncotylie ; H. Winkler a en outre tiré de leur existence la conclusion que *la Ficaire était devenue monocotylédone par avortement total de l'un des deux cotylédons primitifs.*

Mais, en faisant abstraction de la théorie de la syncotylie, on peut interpréter la dicotylie anormale de la Ficaire d'au moins deux autres manières différentes.

1° *Les deux cotylédons résulteraient d'une dichotomie du cotylédon unique, poussée à l'extrême.* — Les auteurs qui ont étudié les variations cotylédonaires en général sont d'accord pour admettre, en raison de l'existence de tous les termes de transition désirables, qu'un cotylédon peut se diviser totalement en deux autres, que la polycotylie peut se produire par schizocotylie. Ceux qui ont étudié ces variations chez la Ficaire ont tous signalé que la dichotomie normale du cotylédon pouvait être plus ou moins accentuée ; c'est surtout H. Winkler lui-même qui a décrit, à cet égard, les variations les plus remarquables : dans son échantillon 3, par exemple (*loc. cit.*, 1926, p. 340, fig. 19), la division du cotylédon intéresse tout le limbe et même la partie supérieure du pétiole. L'auteur affirme d'ailleurs qu'on ne peut voir dans ses plantules dicotylées la phase extrême de cette schizocotylie si étendue ; mais il ne justifie pas son assertion. En somme, les variations actuellement décrites dans la dichotomie du cotylédon de la Ficaire constituent assez de stades intermédiaires pour qu'on puisse admettre ici également une dicotylie accidentelle par schizocotylie complète.

2° *Un des cotylédons serait d'habitude transformé en la première feuille* (f_1) *suivant le cotylédon normal, mais pourrait reprendre sa place et sa forme originelles.* Chez la Ficaire, l'année même où le cotylédon se déploie, f_1 peut se développer en feuille végétative [2] : ce cas est peu fréquent dans les conditions naturelles sous

---

[1] *Beitr. z. Biologie d. Pflanzen*, **14**, 1926, p. 335 ; **15**, 1927, p. 126 ; **19**, 1931, p. 29. Sur plusieurs milliers de plantules observées de 1925 à 1931, six seulement étaient dicotylées.

[2] Ou demeurer à l'état d'ébauche plus ou moins atrophiée ; la feuille végétative qui se déploiera la première l'année suivante sera en général f_2 ou f_3, suivant les observations de Schmid et de H. Winkler. J'avais admis à tort, pensant pouvoir le déduire des descriptions d'Irmisch et de Sterchx, que la première feuille végétative apparaissant après le cotylédon était dans tous les cas f_1.

notre climat; mais, d'après H. Winkler, il deviendrait la règle dans des conditions plus favorables (cultures en serre, plantules de Ficaires du sud de l'Europe). Ainsi développée, f_1 ne diffère d'un cotylédon que par son niveau d'insertion sur l'axe et par sa forme et sa nervation. Or, j'ai souligné ailleurs que des cotylédons peuvent se montrer disjoints en hauteur et que des cotylédons peuvent prendre la forme et la nervation des feuilles végétatives suivantes (*Bull. Scient. de Bourgogne*, 1, 1931, p. 11 et 13; 2, p. 36; P. Bugnon et A. Parrot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 332); il en est ainsi même chez la Ficaire : Irmisch, Sterckx, H. Winkler ont décrit et figuré des cotylédons à limbe pourvu d'un lobe médian avec nervure médiane simple et j'ai personnellement insisté sur les termes de passage entre types foliaires chez cette plante [1]. Ces faits suffisent à justifier l'hypothèse suivant laquelle la Ficaire serait devenue monocotylédone par hétérocotylie, l'un des cotylédons formant la première feuille, que celle-ci se déploie largement en feuille végétative ou qu'elle demeure plus ou moins atrophiée. On peut faire intervenir alors un retour atavique pour ramener cette feuille à l'état cotylédonaire primitif, aussi facilement que pour ramener à l'existence un cotylédon supposé complètement avorté.

Ainsi on peut trouver, et notamment dans les intéressantes observations de H. Winkler, d'excellents arguments en faveur de l'une ou de l'autre de ces dernières hypothèses. Par contre, pas plus que ceux qui ont attribué avant lui la monocotylie de la Ficaire à la suppression totale de l'un des deux cotylédons originels, H. Winkler n'a observé de stades intermédiaires dans l'avortement supposé de l'un des cotylédons et n'a vu, dans les plantules normales, de traces reconnaissables du cotylédon supprimé : la théorie qu'il choisit est donc la seule à laquelle ses propres observations n'apportent aucune justification et qui reste, comme je l'indiquais en 1923 [2], une hypothèse purement gratuite.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Michel Adanson, précurseur du lamarckisme.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. J. Costantin.

Voulant me rendre compte de l'importance des recherches d'Adanson sur la flore du Sénégal où il passa quatre ans (1749-1754), j'ai été amené à lire, tout en parcourant son Herbier, cédé récemment au Muséum, ses deux Ouvrages fondamentaux : *Histoire naturelle du Sénégal* (1757) et *Familles des Plantes* (1763).

On sait que, dans ce dernier travail, dix ans avant Laurent de Jussieu, Adanson a exposé les principes d'une classification des plantes par familles naturelles « ajoutant aux conoissances anciennes nombre de conoissances

---

[1] P. Bugnon, *Bull. Soc. linn. de Normandie*, 7e série, 7, 1924, p. 33.
[2] P. Bugnon, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 766.

nouvelles distribuées sur un plan nouveau ». Il distingua des genres nombreux méconnus par Linné, maintenus pour la plupart dans le *Genera* de L. de Jussieu, publié seulement en 1789. Le mérite de ce dernier fut de baser sa classification sur la subordination des caractères, qui, suivant son expression, doivent se peser et non se compter, subordination que n'avait pas discernée Adanson.

Ce dernier élève de Bernard de Jussieu au Jardin du Roi, entré à l'Académie des Sciences en 1763, fut pourtant un grand génie, d'une rare originalité. J'ai pu me rendre compte en lisant d'un bout à l'autre le Tome I de ses *Familles des Plantes* (ouvrage qu'on ne consulte guère de nos jours) que sur nombre de points relatifs à la vie des plantes et à leur classification, il avait été un précurseur, très en avance sur son temps. C'est ainsi que j'ai eu la grande surprise d'apprendre que dès 1763, alors que Lamarck était encore un jeune homme de 20 ans, ignorant encore probablement, presque tout des sciences naturelles, Adanson avait eu une conception très nette du transformisme et même de l'hérédité des caractères acquis.

On lit en effet page CXIJ de ses *Familles des Plantes* (1763) :

« Il se fait sans le secours de la fécondation étrangère, dans les plantes qui se reproduisent de graines, des changemans procurés soit par la fécondation réciproque de deux individus différens en quelque chose, quoique de même espèces, soit par la culture, le terrain, le climat, la sécheresse, l'humidité, l'ombre, le soleil, etc. Ces changemans sont plus ou moins prompts, plus ou moins durables, disparoissent à chaque génération, ou *se perpétuent pendant plusieurs générations*, selon le nombre, la force, la durée des causes qui se réuniront pour les former, et selon la nature, la disposition et les mœurs, pour ainsi dire de chaque plante. ».

Et après avoir cité quelques exemples de modifications qu'il a observées ou que d'autres ont rapportées, il ajoute :

« Il paroît donc suffisamment prouvé, par les faits cités ci-dessus, que l'art, la culture et encore plus le hasard, c'est-à-dire certaines circonstances inconnues, font naître non seulement tous les jours, des variétés dans les fleurs curieuses, telles que les Tulipes, les Anémones, les Renoncules, etc., mais même quelquefois des Espèces nouvelles... sans compter nombre d'autres plantes qui passent pour des variétés nouvelles et qui se perpétuent peut-être et forment autant d'Espèces.... De là, la difficulté de définir quels sont les corps primitifs de la création, quels sont ceux qui, par la succession de la reproduction, ont pu être changés où même produits de nouveau par des causes accidentelles [1]. »

---

[1] Nous avons conservé l'orthographe d'Adanson. On sait que ce savant avait conçu un projet d'Encyclopédie scientifique qui devait s'étendre jusqu'à la réforme de l'orthographe française. Ce projet fut jugé trop vaste pour être réalisable par ses collègues de l'Académie des Sciences.

L'ouvrage d'Adanson n'eut pas une grande notoriété parmi les botanistes de son temps. Il y faisait montre d'un trop grand esprit d'indépendance et ne se gênait pas pour critiquer diverses théories de Linné, alors à l'apogée de sa réputation.

Il est pourtant hors de doute que Lamarck quand il aborda, à 28 ans, en 1772, l'étude de la botanique au Jardin du Roi, utilisa souvent les *Familles des Plantes* d'Adanson qui l'y avait précédé et il dut dès ce moment s'imprégner de ses idées pour les mûrir et les approfondir par la suite.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des zones de Lichens sur le littoral du Portugal.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

On sait que, sur les côtes rocheuses françaises de l'océan Atlantique et de la Manche, un certain nombre de Lichens sont si nombreux et si constants à un niveau déterminé au-dessus de la mer qu'ils constituent des zones de végétation caractéristiques. On observe ainsi, formant des bandes plus ou moins exactement superposées les unes au-dessus des autres, les espèces suivantes : 1° *Xanthoria parietina;* 2° *Caloplaca marina;* 3° *Verrucaria Maura;* 4° *Lichina confinis;* 5° *Lichina pygmaea.* Ces lichens sont d'autant plus développés et abondants, toutes conditions égales d'ailleurs, qu'on les observe sur une côte plus septentrionale. Inversement il était intéressant de rechercher ce que devenaient ces zones sur un littoral plus méridional. C'est ce que nous avons pu faire, pendant les étés de 1931 et de 1932, à la faveur d'une mission qu'a bien voulu nous accorder le Ministère de l'Éducation nationale, en explorant les stations rocheuses les plus remarquables échelonnées du Nord au Sud sur le littoral du Portugal : granites des environs de Viana-do-Castelo et de Porto; rochers jurassiques et crétacés du cap Mondego, et plus au Sud, de Casacës, près de Lisbonne, puis de Setubal, au pied de la Serra de Arábida; hautes falaises liasiques, calloviennes et lusitaniennes du cap Saint-Vincent et de Sagres; Miocène marin de Lagos et de Praia da Rocha. Voici ce que nous avons constaté.

1° *Xanthoria parietina.* — Des thalles épars de cette espèce existent parfois, en grande abondance, en arrière du littoral proprement dit. Mais nous n'avons jamais pu reconnaître, avec certitude, une véritable zone et encore moins en mesurer la hauteur.

2° *Caloplaca marina.* — Cette espèce est mieux représentée que la précédente

avec laquelle elle vit souvent en mélange. Elle ne forme guère une zone bien nette que dans le nord du Portugal. Celle-ci, près de Viana-do-Castelo, mesure $0^m,50$ de hauteur environ.

3° *Verrucaria Maura.* — Cette espèce est la plus constante de toutes : elle forme le plus souvent, mais pas toujours, une zone très régulière de $1^m,50$ à 2^m de hauteur.

4° *Lichina confinis.* — Ce lichen, au contraire, présente une répartition verticale et horizontale très sporadique, remontant parfois jusqu'au voisinage des *Xanthoria*. Nous ne l'avons jamais vu former une véritable zone sur le littoral portugais.

5° *Lichina pygmæa.* — Assez bien représenté dans la région de Viana, nous ne l'avons rencontré qu'en deux stations sur la côte, près de Porto, et il nous a paru faire entièrement défaut au cap Mondego ainsi qu'à Cascaes. Par contre, près de Setubal, au cap Saint-Vincent et même encore à Lagos, il forme une zone très régulière de $0^m,60$ à 1^m de hauteur.

En résumé, on voit que ces cinq lichens maritimes ou marins se retrouvent tous sur les côtes du Portugal, et même que la plupart d'entre eux y constituent des zones bien caractérisées. Toutefois, ils sont certainement moins nombreux et moins constants que sur les côtes françaises du Massif armoricain, sans doute par suite de la plus grande intensité de la radiation solaire, de la température plus élevée et aussi de l'espacement des pluies. C'est également la raison pour laquelle ces diverses zones deviennent de plus en plus irrégulières et fragmentaires à mesure que l'on s'avance vers le sud du Portugal. Mais il faut aussi tenir compte de la nature physique du substratum. Non seulement ces zones n'existent pas sur les dunes et lagunes qui occupent une étendue relativement considérable du littoral portugais, mais encore elles sont très mal représentées, parfois même absentes, sur les rochers trop lisses ou trop friables pour que les lichens puissent s'y installer, comme au cap Mondego, par exemple. Enfin, la hauteur verticale de ces zones sur les rochers maritimes est bien moins considérable au Portugal qu'au fond du golfe normano-breton français par suite de la moindre amplitude des marées.

Cette répartition est évidemment à rapprocher de celle tout à fait analogue que l'on peut observer pour les zones d'algues marines sous-jacentes. Dans les deux cas, en particulier, c'est sur des côtes plus méridionales que l'on constate leur complète disparition.

ZOOLOGIE. — *Contribution à l'étude du cycle évolutif des Zoogonides (Trématodes).* Note de M. **Jean Timon-David**, présentée par M. Caullery.

J'ai observé, chez certains oursins du golfe de Marseille, la présence de curieuses métacercaires enkystées dans les muscles masticateurs de la lanterne d'Aristote. Ces organismes avaient été remarqués, autrefois, par C. Jacquème, qui en a fait mention dans un manuscrit resté ignoré; leur étude détaillée m'a permis de découvrir qu'ils constituent la dernière forme larvaire du Trématode décrit par Looss [1] en 1901 sous le nom de *Zoogonus mirus*, étudié ensuite par Goldschmidt [2] et Odhner [3] et qui vit normalement dans le rectum de *Labrus merula*.

L'attention avait déjà été attirée sur les premiers stades du développement de *Zoogonus mirus;* Goldschmidt a montré que ce Trématode est vivipare et que ses miracidiums sont déjà libres dans le tube utérin. Les migrations et les hôtes intermédiaires étaient inconnus.

J'ai constaté la présence des métacercaires de *Zoogonus* chez l'oursin ordinaire (*Paracentrotus lividus*) et chez *Sphærechinus granularis*, avec plus de fréquence chez la première espèce. Elles sont enkystées dans les muscles adducteurs et abducteurs des mâchoires, dans les tenseurs des compas et dans les interpyramidaux; leur nombre varie beaucoup, de 1 à 6 par individu. Pour les rechercher, des fragments de muscles étaient légèrement comprimés entre lame et lamelle et examinés soigneusement au binoculaire; les kystes étaient ainsi facilement repérés.

Ces kystes mesurent en moyenne 250^{μ} de diamètre; leur paroi réfringente est épaisse de 3^{μ}. Ils renferment la larve enroulée sur elle-même : sa face ventrale occupe la concavité, sa face dorsale est directement accolée à la paroi. La ventouse orale et le pore excréteur sont bout à bout et la ventouse ventrale fait légèrement hernie. L'ensemble baigne dans un liquide interstitiel qui est parfois incolore et d'autres fois teinté plus ou moins fortement en vert.

En dilacérant les kystes avec de fines aiguilles, j'ai pu extraire la métacercaire et la conserver vivante pendant 24 heures dans de l'eau de mer:

---

(1) *Centralbl. für Bakt. und Parasit.*, 29, 1901, p. 398 et suiv.

(2) *Ibid.*, 32, 1902, p. 870; *Zool. Jahrb., Abt. f. Anat.*, 21, 1905, p. 607.

(3) *Zool. Anzeig.*, 37, 1911, p. 244.

elle est longue de 600^{μ} et large de 200^{μ}; ses téguments sont couverts d'épines, surtout dans la région antérieure. La ventouse ventrale, un peu plus grande que la ventouse orale, est située à peu près au milieu du corps; le tube digestif débute par un long prépharynx; le pharynx, dont le bord supérieur a la forme d'une corbeille dentelée, est volumineux, long de 63^{μ} et large de 62^{μ}; il est suivi d'un œsophage cylindrique, dont la paroi est formée d'une épaisse musculature longitudinale. Cet œsophage se prolonge au delà de la ventouse ventrale et se bifurque en donnant naissance à deux courtes branches intestinales, tapissées d'un épithélium à gros noyaux.

Les deux testicules subsphériques sont situés symétriquement derrière la ventouse ventrale; ils émettent chacun par leur côté interne un canal déférent; ces deux conduits se fusionnent sur la ligne médiane et aboutissent à une poche du cirre recourbée qui suit le bord de la ventouse ventrale. Le pore génital se trouve situé exactement à la hauteur du centre de cette ventouse.

Les organes femelles sont incomplètement développés, comme il est de règle chez les Agamodistomes. L'ovaire médian est situé entre les diverticules intestinaux, à la hauteur de leur terminaison. A côté de lui se trouvent un réceptacle séminal et un unique vitellogène. L'utérus, à peine indiqué, remonte directement en avant et vient se terminer par un métraterme accolé à la poche du cirre.

L'appareil excréteur constitue une vésicule arrondie qui occupe l'extrémité postérieure du ver et s'ouvre par un pore terminal. Sur le vivant, cette poche excrétrice se distingue très nettement, par suite de la présence de nombreuses gouttelettes réfringentes.

Comme on le voit, l'anatomie de cette métacercaire correspond exactement à celle de la forme adulte décrite par Looss et par Goldschmidt; elle en diffère seulement par l'état embryonnaire de l'utérus et l'absence d'activité génitale : je n'ai jamais observé de progenèse.

J'ajouterai, en terminant, que la contamination des oursins paraît très générale dans le golfe de Marseille; j'ai trouvé presque constamment les métacercaires de *Zoogonus*, depuis le cap Couronne jusqu'au cap Croisette.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur les caractères microscopiques différentiels des os chez les Primates.* Note de M. **Charles Fraipont**, transmise par M. Calmette.

MM. Müller et Desmarez ont publié dans le n° 14 des *Comptes rendus* (3 avril 1933), une Note fort intéressante sur les caractères microscopiques différentiels de l'os de Cynocéphale adulte et de l'os humain et ont conclu que le Cynocéphale se rapproche par ses caractères histologiques beaucoup plus de l'os « animal » que de l'os « humain ».

Cette conclusion est en tous points conforme à ce qu'avec la majorité des anthropologistes, j'ai toujours pensé et enseigné. Ce *fait* confirme une loi à laquelle je n'ai trouvé jusqu'à présent nulle exception : *Tous les caractères qui différencient l'Homme des autres Primates, sont, en dernière analyse, dus à l'acquisition de la station verticale.*

Il est donc logique et normal que les caractères des os du Cynocéphale, essentiellement quadrupède, présentent les caractères des os des vrais quadrupèdes et s'éloignent du type bipède parfait présenté par l'Homme malgré la parenté du Cynocéphale et de l'Homme, singe catarrhinien comme lui. La loi de corrélation des organes de Cuvier peut aujourd'hui être considérablement étendue. Il y a corrélation incontestable entre les organes et l'éthologie des individus, entre les organes ou la morphologie et les sécrétions internes. J'ai déjà développé ailleurs et je continue à développer cette conception. Si j'ai cru devoir adresser cette Note à votre illustre assemblée, c'est pour inviter MM. Muller et Desmarez à poursuivre leur intéressante recherche en s'adressant aux os de Singes grimpeurs, d'Anthropoïdes grimpeurs comme l'Orang, d'Anthropoïdes marcheurs comme le Gorille des volcans (*Gorilla beringei*) et enfin à *Homo neanderthalensis*, déjà marcheur bipède complet, mais qui a conservé des caractères morphologiques de ses ancêtres grimpeurs. Je ne doute pas un instant que ces observations ne leur permettent de découvrir toutes les transitions entre le type du mammifère quadrupède conservé par le Cynocéphale et le type bien différent du seul Catarrhinien bipède parfait : l'Homme. Une telle recherche permettra à MM. Muller et Desmarez d'arriver à la causalité du fait qu'ils ont observé, à savoir que les caractères microscopiques des os des Primates quadrupèdes marcheurs demeurent ceux présentés par les autres mammifères en général, mais que le passage de la station quadrupède à la station verticale bipède modifie cette structure dans un sens aboutissant aux caractères microscopiques de l'os humain.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un produit résultant de l'action de la pepsine sur la glycine*. Note de M. A. **Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré, d'une part, que l'hydrolyse pepsique des protides conduit à la formation de quantités appréciables, souvent importantes, de diacipipérazines ([1]); d'autre part, que l'action de ce ferment sur les solutions d'acides monoaminés, isolés ou en mélange, conduit à une disparition de groupement aminé qui ne peut guère s'expliquer que par une anhydrisation ([2]).

Il m'a donc paru nécessaire de tenter l'isolement du mélange des substances non précipitables à l'état de dérivés carbaminés et d'étudier leur nature.

Comme tentative préliminaire, j'ai utilisé les résidus provenant des recherches précédentes. Le mélange de ces résidus correspondait à une mise en œuvre de 24^g de glycine.

Ce mélange fut traité, comme d'usage, par un courant de CO^2 en présence de baryte, en suivant la saturation par des touches sur phénol-phtaléine. Lorsque le virage du colorant fut très peu accusé, marquant la fin de la réaction, le tout fut précipité par addition de cinq volumes d'alcool à 95 pour 100. Dès que le précipité eut floculé, il fut rapidement séparé par filtration à la trompe sur buchner et lavé trois fois par broyage avec de l'alcool à 80 pour 100 refroidi à la glacière, suivi de filtration.

Le liquide ainsi obtenu fut tout d'abord privé d'alcool par distillation sous pression réduite, concentré à consistance sirupeuse dans les mêmes conditions, puis abandonné à température et pression ordinaires dans un exsiccateur à acide sulfurique.

Il se forma, en quelques jours, dans le sirop de beaux cristaux morphologiquement identiques à ceux du glycocolle et qui furent identifiés chimiquement à cet amino-acide. Séparés par centrifugation, essorés au papier filtre et séchés dans le vide, leur poids atteignit un peu plus de 1^g, ce qui, avec la glycine retirée du précipité barytique de carbaminé, soit un peu plus de 9^g, donne une récupération de 10 à 11^g de glycine en nature.

Le sirop séparé des cristaux de glycine par centrifugation, comme il vient d'être dit, ne dissout pratiquement plus l'hydrate de cuivre. Il ne donne

---

([1]) *Comptes rendus*, **188**, 1927, p. 1321; **189**, 1929, p. 784; **191**, 1930, p. 1479.

([2]) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 256.

plus la réaction d'Abderhalden et Komm [1]; précipité par un très grand excès d'alcool absolu, environ 20 volumes, il donne un précipité *blanc*, soyeux et léger, rappelant assez bien les sels de quinine ou de caféine, mais très hygroscopique.

Dans l'étuve à 40°, il perd plus des neuf dixièmes de son volume en se transformant en une substance colorée en *brun clair* dont le rendement fut de $2^{g},36$. Il en fut, en outre, récupéré une quantité supplémentaire de $0^{g},75$ des liquides de lavage. Si donc on tient compte des 10 à 11^{g} de glycine récupérés plus haut, on obtient environ 50 pour 100 de la glycine primitivement mise en jeu.

Le produit de réaction est soluble dans l'eau, mais en est précipité par addition ménagée d'alcali ou de carbonate alcalin dilués.

Dissous dans un *excès* de soude normale, il en est reprécipité par neutralisation exacte de celle-ci au bout de 4 heures de contact, mais non au bout de 24 heures. Dans ce dernier cas, la substance reste en dissolution et celle-ci a en outre la propriété de dissoudre l'hydrate de cuivre comme le fait un amino-acide ou un peptide.

La solution primitive, séparée du carbaminé, n'est pas précipitable par addition de 5 à 10 volumes d'acétone. Elle l'est, au contraire, par addition de solution saturée d'acide picrique. Les réactions de Abderhalden et Komm et du nitroprussiate sont négatives.

Ces diverses constatations amènent à conclure que : 1° le produit en question est un dérivé de condensation de la glycine (caractères de solubilité, défaut de dissolution de la glycine, récupération de cette dernière propriété par action des alcalis); 2° ces deux derniers caractères l'apparentent évidemment aux diacipipérazines; 3° l'absence presque totale de la réaction de Abderhalden et Komm la différencie de la forme ordinaire ou *cétonique* des diacipipérazines, ce serait donc la forme énolique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les Algues excrètent dans les Océans de la matière organique pigmentée soluble. Conséquences.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. L. Joubin.

En 1927 (*Ann. Inst. Océanog.*, 4, III) j'ai démontré que *Navicula ostrearia* Bory est une Diatomée normalement planctonique devenant

---

(1) *Zeit. Phys. Chem.*, **139**, 1924, p. 181-204, et **140**, 1924, p. 99-108.

benthique par chimiotactisme, lorsqu'elle trouve sur le sol une substance organique particulière, un sucre au sens général du terme. Elle présente alors une activité débordante, une reproduction par division accélérée et, fait plus extraordinaire, elle acquiert une pigmentation bleue entièrement nouvelle. Ce pigment bleu, liposoluble, colore le protoplasma même de la Diatomée et des gouttelettes intracytoplasmiques, mais jamais les vacuoles. C'est un cas qui paraît unique dans le règne végétal.

Le *Navicula ostrearia* Bory a été signalé à l'état benthique avec sa pigmentation caractéristique, sur toutes les côtes où se cultivent de grandes quantités d'Huîtres. Il a été trouvé, quoique moins abondamment, dans d'autres circonstances dont les conditions restent à analyser, mais où la présence d'un sucre paraît encore évidente. J'ai démontré expérimentalement que le mucus sécrété abondamment par les Huîtres dans les régions ostréicoles est l'origine de la fixation sur le sol et du développement particulier de la Navicule bleue. Connaissant, par les travaux de divers auteurs, l'action des sucres sur certaines Algues unicellulaires, j'ai supposé que la glycosamine, libérée, par les bactéries, de la mucine des Huîtres, devait être le facteur déterminant de ce phénomène.

En utilisant certains sucres, j'ai obtenu des cultures synthétiques de cette Diatomée, en partant d'individus à protoplasma dépigmenté. A l'état benthique et en cultures, la plus petite variation du milieu la fait redevenir planctonique ou périr. Je poursuis actuellement l'analyse expérimentale des facteurs de son développement dans ces conditions. Je viens de réaliser de nouveau de splendides cultures de Navicules bleues à partir de Navicules dépigmentées. Elles se maintiennent sur le fond ou sur les parois des cristallisoirs grâce au mucilage abondant qu'elles sécrètent. Si nous recueillons l'eau d'une culture en pleine activité, nous constatons, par comparaison avec de l'eau ordinaire, qu'elle possède une belle teinte vert bleuâtre caractéristique. En la filtrant, on s'assure que la présence de Navicules n'est pas la cause de sa coloration. Elle est parfaitement limpide sans le moindre trouble.

Mes recherches de 1927 et les observations nouvelles que je viens de faire me permettent d'affirmer que *Navicula ostrearia* Bory, dans certaines conditions de nutrition, excrète abondamment dans l'eau une matière organique pigmentée soluble. Quelle est sa nature? Les travaux de Pfitzer (1870-1871) et de Beijerinck (1904) ont montré l'absence de sucre et d'amidon chez les Diatomées et la présence d'une substance huileuse. Cette dernière, souvent figurée sous forme de gouttelettes pigmentées dans la

cellule, présente les réactions des lipoïdes. Il s'agit d'une matière organique de l'ordre des phosphatides. La présence des phosphatides dans la granulation chlorophyllienne a, par ailleurs, été signalée par M. Stokalsa.

D'autres observations personnelles sur les Diatomées brunes et les cultures de celles-ci me conduisent à généraliser cette notion. Toutes les Diatomées, lorsqu'elles sont dans certaines conditions de photosynthèse ou de nutrition organique, excrètent dans l'eau une substance de l'ordre des phosphatides. Ces faits constituent le plus solide appui à l'une des hypothèses de A. Pütter basée sur de nombreuses observations et calculs. Nous devons admettre, avec cet auteur, que toutes les plantes des Herbiers côtiers, toutes les Algues marines, dans certaines conditions de photosynthèse, excrètent dans l'eau de la matière organique. Mes recherches apportent une précision à cette notion ; elles démontrent que cette substance organique est toujours pigmentée. La nature de celle-ci, pour les Herbiers et les Algues autres que les Diatomées, n'a pas encore été déterminée.

Des faits nouveaux récents nous permettent d'étendre notre généralisation aux végétaux terrestres. Les travaux de Schülow (1913), G. Truffaut et N. Bezssonoff (1925), T. Demidenko (1928), ont montré que les plantes supérieures excrètent par leurs racines des hydrates de carbone. Hansteen Cranner (1922), en opérant avec des Légumineuses et des Bégonias, a constaté l'excrétion par les racines de substances qu'il rapporte à des phosphatides contenant des acides gras non saturés et combinés avec des sucres.

En considérant les immenses surfaces côtières couvertes par les Herbiers et les Algues, celles où vivent les Sargasses, ou encore les immenses étendues où pullulent, dans les mers froides principalement, les Diatomées planctoniques, on peut se rendre compte de la quantité extraordinaire de matière organique pigmentée ainsi libérée et se trouvant en solution dans les Océans. Les eaux de ces zones peuvent être considérées comme de véritables solutions de phosphatides et peut-être aussi d'hydrates de carbone, de moins en moins concentrées à mesure qu'on s'avance vers le large dans les régions où les Diatomées sont moins nombreuses. Cette substance organique excrétée constitue sans aucun doute une source importante de matériaux nutritifs pour les animaux qui peuvent l'absorber, comme je l'ai démontré expérimentalement en 1927, directement par la surface extérieure du corps. Ce phénomène nous apporte, d'un autre côté, un élément nouveau pour l'analyse du problème de la pigmentation des animaux dont la solution serait si utile, dans certains cas, pour la délimitation des espèces.

Dans ces mêmes régions océaniques, la quantité considérable de matière

organique pigmentée en solution doit jouer, d'autre part, un rôle dans la coloration des eaux; ces pigments étant d'ailleurs susceptibles de variations avec le pH du milieu. Cette influence, certainement importante dans certains cas, n'en est pas moins locale. Il ne peut être question de généraliser cette notion, car il est trop évident que certaines colorations océaniques sont d'ordre physique.

MICROBIOLOGIE. — *Observations sur le phénomène de Charrin et Roger (agglutination sérique des Bactéries).* Note [1] de M. **Ph. Lasseur**, Mlle **A. Dupaix** et M. **J.-G. Marchal**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Les expériences anciennes d'Eisenberg et Volk (1902) et celles plus récentes de Lasseur et ses collaborateurs (1921-1929-1930-1932) ont montré que la fixation de l'agglutinine sur l'antigène homologue est une réaction limitée, du moins en ce qui concerne l'anticorps.

Mais il est un autre fait sur lequel nous avons déjà longuement insisté (Lasseur et Dupaix, 1929-1930-1932; Dupaix, 1933), c'est la présence de plastides isolées dans des systèmes qui renferment non seulement de nombreux amas sériques mais encore un excès d'agglutinine [2].

Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer la présence de plastides libres dans un système agglutinant renfermant un excès d'anticorps :

1° Les plastides restées libres appartiennent à des biotypes non agglutinables.

2° L'agglutination sérique des Bactéries est une réaction limitée réversible régie par un état d'équilibre au sens d'Arrhenius-Madsen.

Nous nous sommes efforcés de vérifier successivement si les faits que nous avons observés pouvaient entrer dans le cadre de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Nous nous bornerons à indiquer les grandes lignes de l'expérimentation.

Des plastides de *B. caryocyaneus* provenant de cultures agées de 40 heures (effectuées sur gélose peptone de pH = 7) sont lavées trois fois à l'eau physiologique. Par agitation avec des billes de verre et centrifugation fractionnée, on obtient des suspensions formées de plastides isolées.

Ces suspensions additionnées de leur volume de sérum homologue *conve-*

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) Remarquons toutefois que lorsqu'on fait agir un grand nombre d'unités d'agglutinine, on n'observe plus d'éléments isolés.

nablement dilué, montrent, après 4 heures de contact à 37° C., des amas abondants et des plastides libres (système A). Par centrifugation fractionnée, on obtient un dépôt surmonté d'une suspension S constituée par des plastides bien isolées les unes des autres. Cette suspension S est soumise aux deux séries d'expériences suivantes :

1. *Isolement de souches ayant pour origine une seule plastide.* — A l'aide de la cellule et de la technique que nous avons antérieurement décrites (Lasseur, Marchal et Dupaix, 1931; Marchal 1932), nous avons obtenu 14 cultures ayant certainement pour origine une seule plastide. Sous l'action du sérum agglutinant, ces 14 souches ont donné des dilutions limites d'agglutination qui ont varié de 1/16000 à 1/64000. La suspension témoin offrait une dilution limite d'agglutination de 1/64000.

Les 14 cultures obtenues ne sont pas également agglutinables, mais les variations d'agglutinabilité sont relativement faibles. Il paraît donc difficile d'attribuer la non-agglomération de certaines plastides dans les systèmes agglutinants à la présence de biotypes inagglutinables.

Cette conclusion se heurte immédiatement à une objection : dans l'expérience ci-dessus, on opère sur les descendants de la plastide restée libre dans le système A et non sur la plastide elle-même. C'est pourquoi nous avons eu recours à la deuxième série d'expériences suivantes.

II. *Essais d'agglutination des plastides restées libres dans le système* A. — A cet effet, on distribue la suspension S dans une série de tubes : *a*, *b*, *c*, *d*; dans chaque tube on ajoute une quantité convenable [1] de sérum de dilution croissante.

Dans ces conditions d'expérience (système B) le deuxième apport de sérum agglutinant réalise l'agglutination des plastides restées libres dans le système agglutinant A; mais en B, on n'obtient pas des dilutions limites d'agglutination de l'ordre de 1/64000 observée en A. La suspension S offre des dilutions limites variant de 1/1000 à 1/2500.

Les plastides ayant résisté à l'action du sérum dans le système A sont donc agglutinées par un second apport de sérum, mais leur agglutinabilité est plus faible que celle des plastides neuves. Il semblerait que la fixation d'une faible quantité d'agglutinine s'oppose à la fixation ultérieure d'une quantité plus grande d'agglutinine ou protège les plastides bactériennes contre la « dénaturation » au sens de Loeb.

La stabilité particulière de la suspension S doit vraisemblablement être

---

[1] Afin de conserver au système agglutinant une teneur suffisante en germes microbiens.

en relation avec une augmentation de la différence de potentiel entre les plastides et le liquide dispersif. Les essais de transport électrique effectués avec des suspensions S_1, S_2, S_3 renfermant 100, 200 et 300^{mg} de chlorure de sodium par litre ont donné comme différence de potentiel des valeurs de l'ordre de 65 à 120 millivolts.

En résumé dans la zone des fortes concentrations en agglutinine, toutes les plastides sont agglomérées mais une fraction de l'anticorps reste libre ; dans la zone des moyennes et des faibles concentrations en agglutinine, tout l'anticorps est fixé, mais une partie des plastides reste libre.

M. **Franz Féron** adresse à l'Académie une Note signalant l'action exercée sur la pigmentation de la peau et des poils, chez l'homme et chez les animaux, par la graine d'une Papilionacée de Haïti, appelée *roïry* par les indigènes.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 juin 1933.)

Note de MM. *M. Schérer* et *R. Cordonnier*, Dichroïsme circulaire magnétique des solutions aqueuses de sulfate et de nitrate de cobalt :

Page 1726, ligne 17, *au lieu de* $\lambda = 410^{m\mu}$, *lire* $\lambda = 510^{m\mu}$; ligne 26, reporter ($c = 0,0704$) du bas du tableau à la suite de $COCl^2$ (dernière colonne).